

Ing. Lucie Fojtová: Typologie inženýrskogeologických charakteristik
základových půd Ostravské pánve

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba
Hornicko-geologická fakulta
Institut geologického inženýrství

Typologie inženýrskogeologických charakteristik
základových půd Ostravské pánve

Disertační práce

Autor: Ing. Lucie Fojtová
Školitel: doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D.
Studijní program: inženýrská geologie
Obor: inženýrská geologie

Ostrava 2011

Abstrakt

Disertační práce se zabývá typologií inženýrskogeologických charakteristik základových půd v Ostravské pánvi, kde se nejvíce vyskytují kvarterní sprašové a fluviální sedimenty a předkvárterní neogenní uloženiny. V menší míře jsou zde zastoupeny antropogenní, svahové, ledovcové a karbonské sedimenty charakteru zemin. V nově vytvořené databázi je zaznamenaných 10 658 studovaných vzorků, které byly čerpány z archivních 6 131 průzkumných vrtů. V disertační práci byly fyzikálně-mechanické vlastnosti základových půd statisticky vyhodnoceny primárně podle tříd základových půd a dále podle genetického původu a umístění v inženýrskogeologických rajonech. Ve všech souborech dat převažují jemnozrné zeminy (70,8 % ze všech studovaných vzorků). Fyzikálně-mechanické vlastnosti pro jednotlivé třídy základových půd většinou korespondují s jinými odbornými pracemi. Součástí je také porovnání studovaných hodnot vlastností se směrnými normovými charakteristikami základových půd podle normy ČSN 73 1001 (Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy). Místní charakteristiky byly vytvořeny pro třídy základových půd s nejvyšším počtem vzorků, kterými jsou třídy F6 (CL, CI), F8 (CH, CV), F4 (CS) a G3 (G-F), a pro inženýrskogeologické prostředí určené podle genetického původu a podle inženýrskogeologických rajonů s největším plošným rozšířením a s velkou vytříbeností zemin (nižší heterogenitou prostředí) jako je například rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp nebo základové půdy neogenního stáří.

Klíčová slova

typologie inženýrskogeologických charakteristik, geotechnické vlastnosti zemin, základové půdy, inženýrskogeologické rajony

Abstract

This thesis deals with the typology of the engineering-geological characteristics of foundation soils in the Ostrava basin. There mostly occur the Quaternary loess and fluvial sediments as well as the Pre-Quaternary Neogene deposits. The anthropogenic, deluvial, glacial sediments and deposits of Carboniferous represent a minor extent. 10 658 studied samples is recorded in the newly created database. These samples came from the 6 131 archive exploratory wells. Physical-mechanical characteristics of foundation soils were statistically evaluated – primarily according to the classes of soils and next according to genetic origin and location of the engineering-geological zones. The fine-grained soil dominates at all data sets (70.8% of all studied samples). The physical-mechanical characteristics for individual classes of foundation soils mostly correspond with some other expert works. A part of the thesis is also the comparison of studied values of characteristics with the respected Standard characteristics according to CSN 73 1001 (Foundations of buildings. Foundation soils under flat foundation). The local characteristics were created for some classes of foundation soils with the highest number of samples. These are classes F6 (CL, CI), F8 (CH, CV), F4 (CS) and G3 (G-F), and for engineering-geology environment which is determine according to the genetic origin and according to engineering-geological zones with the greatest planar extension with large sorted soils (lower environment heterogeneity) such as zone of polygenetic loess sediments Lp or the foundation soils of Neogene age.

Key words

typology of engineering-geological characteristics, geotechnical properties of soils, foundation soil, engineering-geological zones

„Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracovala samostatně podle pokynů školitele s použitím uvedené literatury v souladu se směrnicí děkana HGF č. 1/2010 „Disertační práce a autoreferát“ a v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě.

V souladu s §47a zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů souhlasím s publikováním textu své práce na webové stránce HGF VŠB - TU Ostrava.“

V Ostravě 10. 6. 2011

Ing. Lucie Fojtová

Motivace

Motivací disertační práce byla existence a dostupnost velkého množství archivovaných inženýrskogeologických a geotechnických průzkumů s provedenými laboratorními a polními zkouškami zemin a hornin v České republice, eventuálně v jiných zemích, které nejsou zpracovávány z pohledu regionálních a vědeckých studií. Výsledky těchto archivovaných materiálů jsou využívány pouze pro individuální průzkumy inženýrských objektů jako studie místní prozkoumanosti pro korelaci s nově prováděnými průzkumnými pracemi a zkouškami. Nevyužívat taková data je velkým nedostatkem, což umocňuje i skutečnost, že výsledky zkoušek se nacházejí pouze v závěrečných zprávách průzkumu a neexistuje žádná databáze vlastností základových půd.

Předmětem bylo zpracovat a vyhodnotit inženýrskogeologické informace o zeminách a skalních horninách, které byly studovány v souvislosti s klasifikací základových půd, jejich původem a s inženýrskogeologickými poměry a vztaženy k regionálně vymezenému zájmovému území na čtyřech mapových listech 1:50 000.

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému školiteli panu doc. Ing. Marianu Marschalkovi, Ph.D. za odborné vedení, inspiraci, spolupráci a všestrannou pomoc po celou dobu studia.

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam grafů.....	10
Seznam tabulek	12
Seznam příloh.....	13
Seznam symbolů, zkratk a značek.....	15
1. Úvod.....	17
1.1. Vyhodnocení dosavadních poznatků	18
1.2. Cíle práce	24
2. Přírodní poměry	27
2.1. Geomorfologie	27
2.2. Regionální geologie	30
2.3. Inženýrskogeologické poměry	32
2.4. Hydrogeologie	34
2.5. Hydrologie	35
3. Metodika.....	36
3.1. Databáze.....	36
3.2. Klasifikace zemin	39
3.3. Zařazení základových půd podle genetických typů	42
3.4. Určení vztahů studovaných vzorků k inženýrskogeologickým rajonům	45
3.5. Statistické vyhodnocení	49
3.6. Metodika vytvoření typologie základových půd	52
4. Vyhodnocení inženýrskogeologických vlastností základových půd Ostravské pánve.....	54
4.1. Jemnozrnné základové půdy	54
4.1.1. Fyzikální vlastnosti.....	55
4.1.2. Mechanické vlastnosti	63
4.1.3. Porovnání naměřených hodnot se směrnými normovými hodnotami ...	66
4.1.4. Korelační a regresní analýza vlastností základových půd.....	71
4.2. Hrubozrnné základové půdy	75
4.3. Vyhodnocení vlastností základových půd v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech.....	80
4.3.1. Rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp	82

4.3.2.	Rajon náplavů nížinných toků Fn.....	85
4.3.3.	Rajon deluviálních sedimentů D	88
4.3.4.	Rajon glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudržných sedimentů Gf	91
4.3.5.	Rajon pleistocenních říčních teras Ft	93
4.3.6.	Rajon deluviofluviálních sedimentů Du.....	95
4.3.7.	Rajony násypů, výsypek a hald, odkališť a navážek odpadů A, Ao, An a An - Ao	97
4.3.8.	Rajon flyšoidních hornin nerozlišených Sf	104
4.3.9.	Rajon střídajících se jemnozrnných, písčitých a štěrkovitých sedimentů Nk, rajon miocenních sedimentů Nj a základové půdy neogenního původu jako podloží inženýrskogeologických rajonů	107
4.3.10.	Rajon organogenních a organických zemin Or a rajon glacigenních převážně soudržných sedimentů Gm.....	112
4.3.11.	Ostatní inženýrskogeologické rajony	114
5.	Závěr.....	116
	Soupis bibliografických citací.....	119
	Seznam vlastních prací.....	127
	Přílohy.....	Chyba! Záložka není definována.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Vymezení zájmového území podle mapových listů základního zobrazení.....	25
Obrázek 2 Výřez geomorfologické mapy s vyznačením zájmového území.....	28
Obrázek 3 Mapa inženýrskogeologických rajonů zájmového území	33
Obrázek 4 Hydrogeologická rajonizace zájmové oblasti	35
Obrázek 5 Blokový diagram etapy vytvoření databáze pro disertační práci	36
Obrázek 6 Tabulky „Vrty“ a „Vzorky“ v databázi aplikace Microsoft Office Access	38
Obrázek 7 Formulář „Vzorky“ v databázi aplikace Microsoft Office Access	39
Obrázek 8 Formulář „Vrty“ v databázi aplikace Microsoft Office Access	39
Obrázek 9 Klasifikační systém zemin s vyznačením studovaných vzorků podle evropské normy, české normy a USCS.....	40
Obrázek 10 Diagram způsobu přiřazení původu studovaných vzorků v prostředí v aplikaci ArcMap	43
Obrázek 11 Četnost tříd základových půd jednotlivých pro jednotlivé genetické typy	45
Obrázek 12 Postup vyhodnocení studovaných vzorků v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech ve dvou fázích.....	46
Obrázek 13 Diagram postupu vyhodnocení studovaných vzorků v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech	47
Obrázek 14 Diagram statistického vyhodnocení souborů dat	49
Obrázek 15 Příklad statistického vyhodnocení objemové hmotnosti třídy základové půdy třídy F6 v aplikaci MINITAB.....	50
Obrázek 16 Schéma metodiky vytvoření typologie základových půd	53
Obrázek 17 Grafy porovnání směrných normových a naměřených místních mechanických vlastností s rozdělením podle kritérií ČSN 73 1001	67
Obrázek 18 Grafy porovnání směrných normových a naměřených místních mechanických vlastností jednotlivých genetických typů s rozdělením podle kritérií ČSN 73 1001	69
Obrázek 19 Zhodnocení vhodnějších a méně vhodných variant při sestavování místních charakteristik ve vztahu k inženýrskogeologickým rajonům	81
Obrázek 20 Mapa prozkoumanosti rajonu Lp, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti.....	83
Obrázek 21 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd v rajonu Lp.....	85
Obrázek 22 Mapa prozkoumanosti rajonu Fn, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti.....	87
Obrázek 23 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd v rajonu Fn.....	88

Obrázek 24 Mapa prozkoumanosti rajonu D, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	90
Obrázek 25 Mapa prozkoumanosti rajonu Gf, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	92
Obrázek 26 Mapa prozkoumanosti rajonu Ft, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	94
Obrázek 27 Mapa prozkoumanosti rajonu Du, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	96
Obrázek 28 Postup vyhodnocení antropogenních základových půd a jejich podložních základových půd v rajonech A, Ao, An a An-Ao	99
Obrázek 29 Mapa prozkoumanosti zemin antropogenního původu, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	100
Obrázek 30 Mapa prozkoumanosti podložních zemin v rajonu A, Ao, An a An-Ao, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti	102
Obrázek 31 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot podložních základových půd v rajonu A, Ao, An a An – Ao.....	104
Obrázek 32 Mapa prozkoumanosti rajonu Sf, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti	105
Obrázek 33 Mapa prozkoumanosti základových půd neogenního stáří, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastností.....	109
Obrázek 34 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd neogenního stáří.....	112
Obrázek 35 Mapa prozkoumanosti základových půd neogenního stáří, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastností.....	113

Seznam grafů

Graf 1	a) Procentuální zastoupení genetických typů studovaných vzorků základových půd před interpolační prostorovou a překryvnou analýzou	44
	b) Procentuální zastoupení genetických typů studovaných vzorků základových půd po analýzách	44
Graf 2	a) Zastoupení studovaných vzorků základových půd v inženýrskogeologických rajonech	48
	b) plošné zastoupení inženýrskogeologických rajonů v zájmovém území.....	48
Graf 3	Hloubka odběru studovaných vzorků zemin různých genetických typů a stáří	55
Graf 4	a) Zastoupení jemnozrnných zemin ve stupních plasticity.....	56
	b) zastoupení jemnozrnných zemin různých genetických typů ve stupních plasticity.....	56
Graf 5	Atterbergovy meze a index plasticity tříd základových půd	57
Graf 6	Četnost jemnozrnných zemin ve stupních konzistence	57
Graf 7	Četnost jemnozrnných zemin různých genetických typů ve stupních konzistence	58
Graf 8	Vlhkost jemnozrnných zemin	58
Graf 9	Pórovitost jemnozrnných zemin	59
Graf 10	Stupeň nasycení jemnozrnných zemin	60
Graf 11	Zdánlivá hustota pevných částic jemnozrnných zemin	60
Graf 12	Objemová hmotnost jemnozrnných zemin	61
Graf 13	Objemová hmotnost suchých částic jemnozrnných zemin.....	62
Graf 14	Hodnoty edometrického modulu s vyznačenou střední hodnotou pro dané třídy základových půd	64
Graf 15 a 16	Hodnoty efektivní soudržnosti a efektivního úhlu vnitřního tření tříd základových půd	64
Graf 17 a 18	Hodnoty totální soudržnosti a totálního úhlu vnitřního tření tříd základových půd	65
Graf 19	Intervaly hodnot zdánlivé hustoty pevných částic hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot.....	76
Graf 20	Objemová hustota hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot	76
Graf 21	Objemová hustota pevných částic hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot	77
Graf 22	Vlhkost hrubozrnných zemin.....	77
Graf 23	Pórovitost hrubozrnných zemin	78
Graf 24	Stupeň nasycení hrubozrnných zemin.....	78

Graf 25 Graf intervalů hodnot Atterbergových mezí hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot	78
Graf 26 Četnost hrubozrnných zemin ve stupních konzistence	79
Graf 27 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 v rajonu Lp	82
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Lp	82
Graf 28 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 v rajonu Fn	86
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Fn	86
Graf 29 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 v rajonu D	89
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu D	89
Graf 30 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 v rajonu Gf	93
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Gf	93
Graf 31 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F6 v rajonu Ft	95
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Ft	95
Graf 32 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4 a F6 v rajonu Du	97
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Du	97
Graf 33 a) Hloubka odběru vzorků antropogenního původu	98
b) Mocnost vrstev antropogenního původu	98
Graf 34 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4 Y a F6 Y	101
b) Graf konzistence studovaných vzorků	101
Graf 35 Počet studovaných vzorků antropogenního původu v intervalech hloubky jejich odběru	101
Graf 36 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 podložních základových půd rajonů A, Ao, An a An-Ao	103
b) Graf konzistence studovaných vzorků podložních základových půd rajonů A, Ao, An a An-Ao	103
Graf 37 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6, F8 a G5 v rajonu Sf	107
b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Sf	107
Graf 38 Počet studovaných vzorků neogenního původu v intervalech hloubky jejich odběru	108
Graf 39 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 neogenního stáří	110
b) Graf konzistence studovaných vzorků neogenního stáří	110

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vyšší geomorfologické jednotky zájmového území.....	27
Tabulka 2 Počet vzorků v jednotlivých třídách jemnozrnných základových půd pro dané vlastnosti	41
Tabulka 3 Počet vzorků v jednotlivých třídách hrubozrnných základových půd pro dané vlastnosti	42
Tabulka 4 Počty studovaných vzorků tříd základových půd v inženýrskogeologických rajonech.....	47
Tabulka 5 Stupně těsnosti podle koeficientu determinace R^2	51
Tabulka 6 Stupně závislosti podle koeficientu korelace r	51
Tabulka 7 Místní fyzikální charakteristiky jemnozrnných základových půd se středními hodnotami v závorce	62
Tabulka 8 Naměřený edometrický modul (MPa) tříd základových půd pro dané genetické typy zemin.....	64
Tabulka 9 Naměřené smykové efektivní parametry tříd základových půd pro dané genetické typy zemin	65
Tabulka 10 Naměřené smykové totální parametry tříd základových půd pro dané genetické typy zemin.....	66
Tabulka 11 Intervaly místních charakteristik v zájmovém území s rozdělením podle konzistence z technické normy ČSN EN ISO 14688-2 se středními hodnotami uvedenými v závorce	71
Tabulka 12 Korelační matice fyzikálních vlastností základových půd tříd F1 – F4, hloubky odebraných vzorků a obsahu jílovitých částic	72
Tabulka 13 Korelační matice fyzikálních vlastností základových půd tříd F5 – F8, hloubky odebraných vzorků a obsahu jílovitých částic	73
Tabulka 14 Výsledky korelační analýzy pro dané mechanické a fyzikální vlastnosti základových půd tříd F1 – F4	73
Tabulka 15 Výsledky korelační analýzy pro dané mechanické a fyzikální vlastnosti základových půd tříd F5 – F8	74
Tabulka 16 Koeficienty korelace pro mechanické parametry, hloubku a obsah jílovitých částic ve skupinách tříd základových půd F1 – F4 a F5 – F8	74
Tabulka 17 Koeficienty determinace pro mechanické parametry, hloubku a obsah jílovitých částic ve skupinách tříd základových půd F1 – F4 a F5 – F8.....	75
Tabulka 18 Místní fyzikální charakteristiky hrubozrnných základových půd se středními hodnotami v závorce	79
Tabulka 19 Porovnání neogenních jílu v zájmovém území a neogenních brněnských jílu jako základových půd třídy F8 (CV)	111

Seznam příloh

Příloha A1	Výřez geologické mapy České republiky 1:500 000 s vymezením zájmového území.....	128
Příloha A2	Legenda k příloze A1.....	129
Příloha B	Seznam vybraných závěrečných zpráv.....	130
Příloha C	Zjednodušený diagram zatřídění studovaných vzorků základových půd podle technické normy ČSN 73 1001.....	134
Příloha D	Mapa prozkoumanosti s vyznačením studovaných vzorků v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech	135
Příloha E	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd.....	136
Příloha F1	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd eolického původu	141
Příloha F2	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd fluvialního původu	143
Příloha F3	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd ledovcového původu	147
Příloha F4	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd svahového původu	150
Příloha F5	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd neogenního stáří	152
Příloha F6	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd karbonského stáří.....	155
Příloha G1	Vlhkost základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	157
Příloha G2	Zdánlivá hustota pevných částic základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	158
Příloha G3	Objemová hmotnost základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	160
Příloha G4	Objemová hmotnost suchých částic základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	161
Příloha G5	Mez tekutosti základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	162
Příloha G6	Mez plasticity základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	163
Příloha G7	Index plasticity základových půd kvarterního a předkvarterního stáří...	165
Příloha G8	Index konzistence základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.	166
Příloha G9	Pórovitost základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	167
Příloha G10	Stupeň nasycení základových půd kvarterního a předkvarterního stáří...	168

Příloha G11	Efektivní a totální soudržnost základových půd kvarterního a předkvarterního stáří.....	169
Příloha G12	Efektivní a totální úhel vnitřního tření základových půd kvarterního a předkvarterního stáří	170
Příloha G13	Edometrický modul základových půd kvarterního a předkvarterního stáří	170
Příloha H	Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky základových půd v zájmové oblasti.....	171
Příloha I	Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky určitých genetických typů základových půd v zájmové oblasti.....	172
Příloha J	Grafické vyjádření místních charakteristik v zájmovém území s rozdělením podle konzistence z normy ČSN EN ISO 14688-2.....	173
Příloha K	Grafy regresní analýzy smykových parametrů a edometrického modulu s hloubkou odběru vzorku a podílem jílovitých částic.....	174
Příloha L1	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu polygenetických sprašových sedimentů Lp.....	177
Příloha L2	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu náplavů nížinných toků Fn	181
Příloha L3	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudržných sedimentů Gf.....	185
Příloha L4	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu pleistocenních říčních teras Ft.....	186
Příloha L5	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu deluviofluviálních sedimentů Du.....	187
Příloha L6	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních vlastností jednotlivých tříd základových půd v rajonu deluviálních sedimentů D.....	187
Příloha L7	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních vlastností jednotlivých tříd základových půd antropogenního původu.. ..	188
Příloha L8	Výsledné tabulky hodnot fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých tříd podložních základových půd v rajonu A, An,	191
Příloha M1	Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky základových půd v rajonu Lp	193
Příloha M2	Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky základových půd v rajonu Fn.....	193
Příloha M3	- Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky podložních základových půd v rajonech A, Ao, An a An - Ao.....	193
Příloha M4	Směrné normové (ČSN 73 1001) a místní charakteristiky základových půd neogenního stáří.....	194

Seznam symbolů, zkratek a značek

české zkratky a symboly

%	procento	F8 CE	jíl s extrémní plasticitou
ρ_d	objemová hmotnost suchých částic	F8 CV	jíl s velmi vysokou plasticitou
ρ_n	zdánlivá hustota pevných částic	F8 CH	jíl s vysokou plasticitou
ρ_s	objemová hmotnost	F8 ME	hlína s extrémní plasticitou
A^2	hodnota testu	g	štěrkovitá frakce
aj.	a jiné	h	hloubka
apod.	a podobně	HVH	horní vnitřní hradba
atd.	a tak dál	I_c	index konsistence
c_c	číslo křivosti	I_p	index plasticity
c_{ef}	efektivní soudržnost	JV	jihovýchodní
c_u	totální soudržnost	JZ	jihozápadní
c_u	číslo nestejnozrnitosti	kPa	kilopascal
č.	číslo	m	metr
ČR	Česká republika	max	maximum
ČSN EN ISO	označení evropské normy	$g \cdot cm^{-3}$	gram na centimetr čtverečný
ČSN	česká státní norma	min	minimum
DVH	dolní vnitřní hradba	MPa	megapascal
E_{oed}	edometrický modul	N	počet
et al.	et alii	n	pórovitost
f	jemnozrnná frakce	n. m.	nad mořem
F1 MG	štěrkovitá hlína	např.	například
F2 CG	štěrkovitý jíl	obr.	obrázek
F3 MS	písčítá hlína	P – hodnota	hodnota pravděpodobnosti
F4 CS	písčítý jíl	popř.	popřípadě
F5 MI	hlína se střední plasticitou	$Q_1, Q1$	první kvartil
F5 ML	hlína s nízkou plasticitou	$Q_3, Q3$	třetí kvartil
F6 CI	jíl se střední plasticitou	r	koeficient korelace
F6 CL	jíl s nízkou plasticitou	R^2	koeficient determinace
F7 MH	hlína s vysokou plasticitou	r_k	kritická hodnota korelace
F7 MV	hlína s velmi vysokou plasticitou	s	písčítá frakce

s.r.o.	společnost s ručením omezením	tab.	tabulka
Sb.	sbírka	tzv.	takzvaně
S-JTSK	souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální	w	vlhkost
		w _L	mez tekutosti
		w _P	mez plasticity
		ZM	základní mapa
sm. od.	směrodatná odchylka	α	hladina významnosti
Sr	stupeň nasycení	φ_{ef}	efektivní úhel vnitřního tření
str.	strana	φ_u	totální úhel vnitřního tření
SV	severovýchodní		
SZ	severozápadní		

cizojazyčné zkratky

ASTM	American Society for Testing and Materials
USCS	The Unified Soil Classification System
USA	United States of America

1. Úvod

Klasifikace základových půd a stanovení vlastností hornin laboratorními metodami nebo polními zkouškami je důležitou součástí inženýrskogeologického průzkumu. Fyzikální a mechanické vlastnosti vypovídají o charakteru hornin a společně s jejich genezí a plošným rozšířením jsou důležité pro posouzení vhodnosti zemin jako základových půd. Předpoklady chování inženýrských objektů v interakci s geologickým prostředím se stanovují pomocí geotechnických výpočtů, kde se výsledky daných zkoušek nebo hodnoty uváděné v technické literatuře, popř. státních technických normách podle geotechnické kategorie používají jako vstupní data. Pokud se data z archivní dokumentace vhodně statisticky zpracují, mohou tvořit článek mezi těmito dvěma stanovisky například jako reálné hodnoty vztahující se k určité lokalitě při budoucím hodnocení základové půdy, srovnávací podkladový materiál pro další inženýrskogeologické průzkumy a zakládání staveb, údaje pro navrhování zlepšování vlastností základové půdy atd.

Rozsah aplikace vlastností hornin je velmi široký. Jde o posouzení zemin a skalních hornin jako základových půd, stanovení mezních stavů (I. skupina mezních stavů – mezní stav únosnosti, II. skupina - mezní stav přetvoření) pro zakládání staveb, určení vhodnosti horninového materiálu pro různé praktické účely (například sypané hráze, kamenivo, zemní tělesa), regionální studie vlastností hornin, tvorbu speciálních map s vyznačením určitých parametrů podle stanovených požadavků, teoretické studie zabývající se vzájemnými vztahy mezi vlastnostmi, řešení problematiky zlepšování základových půd a podobně.

Směrné normové charakteristiky základových půd jsou nedílnou součástí závěrečných zpráv inženýrskogeologických průzkumů používaných v projektové přípravě inženýrského díla 1. nebo 2. geotechnické kategorie. Jelikož jsou místní charakteristiky základových půd upřednostňovány před směrnými normovými charakteristikami, což je stanoveno normou ČSN 73 1001 a také logickou posloupností zdrojů dat, vyvstává potřeba vytváření typologií inženýrskogeologických charakteristik vztažených k určitému území. Oblast pro stanovení místních charakteristik je možné optimálně ohraničit různými způsoby. Například s použitím listokladů map v různých měřítkách (základní mapa v měřítku 1:50 000 aj.), s využitím konkrétních geologických nebo geomorfologických jednotek (např. Ostravská pánev), litostratigrafických hranic (neogenní sedimenty

Ostravské pánve aj.), účelově podle územního členění (městské části atd.) nebo územního plánu (plocha určená k zástavbě apod.) nebo v rámci plánovaných inženýrských objektů (např. průmyslová hala). V disertační práci je předmětem zájmu Ostravská pánev, která zaujímá území na čtyřech mapových listech ZM 15 – 41 Hlučín, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná v měřítku 1:50 000 téměř v celém rozsahu.

Cílem disertační práce je vytvoření typologie inženýrskogeologických charakteristik základových půd Ostravské pánve ve dvou studiích. V první studii jsou místní charakteristiky vyhodnoceny pro třídy základových půd a v druhé pro třídy základových půd v souvislosti s inženýrskogeologickými rajony pro takovou část vymezeného území, kde bude dostatečná prozkoumanost vůči plošné distribuci různých typů základových půd. Na zbývajícím zájmovém území se vytvoří případové studie vlastností hornin s omezenou vypovídající schopností vůči heterogenitě horninového prostředí.

Výsledky disertační práce mohou být použity v zájmové oblasti jako orientační charakteristiky při vyhodnocování základových poměrů, jako srovnávací podkladový materiál pro další inženýrskogeologické průzkumy a zakládání staveb, pro navrhování zlepšování vlastností základové půdy atd. Je možné získat orientační prostorovou představu o rozšíření parametrů vlastností základových půd zobrazením v geografických informačních systémech.

1.1. Vyhodnocení dosavadních poznatků

Inženýrskogeologické vlastnosti základových půd se vždy vztahují k různým aspektům, jimiž může být rozšíření hornin, jejich zatřídění, geneze, litologie, hloubka uložení, vliv podzemní vody, interakce s inženýrskými objekty a jejich okolím, chování zemin v uměle vytvořených podmínkách, experimentální zkoušky pro zlepšení vlastností, použití dané zeminy pro různorodé účely, porovnání vlastností zemin v regionálních studiích, využití vlastností hornin pro vymezení možných inženýrskogeologických problémů a jiné. Dalším hlediskem je zhodnocení těchto vlastností statistickým a grafickým zpracováním. V této kapitole jsou uvedeny vybrané monografie, články z odborných časopisů a příspěvky ze sborníků konferencí různých autorů, kteří se zabývali výše uvedenou problematikou.

Okruh mechaniky hornin a inženýrské geologie je námětem monografií mnoha autorů, kteří se mimo jiné zabývají základní terminologií mechaniky zemin a skalních hornin, geotechnickými zkouškami stanovujícími jejich vlastnosti, mechanickým chováním zemin v rozdílných podmínkách atd. Z velkého množství reprezentuje českou odbornou literaturu kniha J. Paška a M. Matuly (1995), Q. Záruby a V. Mencla (1957), J. Šimka et al. (1990) a M. Marschalka et al. (2004, 2005). Mezi světové odborné publikace patří například monografie J. W. Koloskiho, S. D. Schwarze a D. W. Tubbs (1989), R. Gopala a A. S. R. Raa (2008), M. Budhy (2006), W. Derskiho (1989), F. G. Bella (2006), J. Atkinsona (2007), R. F. Craiga (1997) a P. H. Rahna (1986).

Směrné normové charakteristiky uvedené v normě ČSN 73 1001 v souvislosti s vlivem fyzikálních vlastností, obsahem vlhkosti, fyzikálně-chemických procesů a s detailní teorií zkoušek a výpočtů pro jejich stanovení studoval ve své bakalářské práci J. Malík (2007).

Geotechnickými vlastnostmi stanovenými v přirozeném uložení a mineralogickým složením křemičitých sedimentů v centrální indické pánvi se zabýval N. H. Khadge (2002) z důvodu následných testovacích zkoušek pro zjišťování vztahů například mezi obsahem vody a smykovou pevností křemitých sedimentů. Experimentální průzkum mechanického chování nenasycených pyroklastických zemin nacházejících se v Římě v závislosti na nasycení prezentovali ve své studii E. Cattoni, M. Cecconi a V. Pane (2007). Ve státě Washington (USA) sledovali F. Sariosseiri a B. Muhunthan (2009) změny vlastností jako jsou Atterbergovy meze, charakteristiky stlačitelnosti, pevnost v prostém tlaku, pevnost ve smyku aj. před a po ošetření zeminy pojivovou směsí (tmelem).

V různých oblastech se zkoumají vlastnosti zemin pro jejich možné použití jako konstrukčního materiálu při budování silnic a dálnic a pro vytvoření jejich technických doporučení, čímž se zabýval R. M. Madu (1977), jako jeden z mnoha autorů, při průzkumu geotechnických a inženýrských vlastností lateritů ve východní Nigerii a E. M. Frempong (1994) při zhodnocování geotechnických vlastností reziduálních slídových hornin v Kumasi, což je metropolitní oblast v Ghaně. Závěrem studie E. G. Akpokodjeho (1986) je, že podle platných standardních specifikací jsou lateritické a nelateritické zeminy v jihovýchodní Nigerii (Afrika) nevhodné základové materiály pro konstrukce vozovek, ale podle provedených zkoušek existuje možnost geotechnického zlepšení vlastností těchto

zemin. Jako východisko pro rozdělení hornin na Kypru (Lefkoşa) do šesti jednotek použili A. Altay, İ. Dinçer a M. Necdet (2007) jejich inženýrskogeologické vlastnosti. Studie inženýrskogeologického vyhodnocení severní části ostrovu Lantau (Hong Kong), kterou uvádí C. A. M. Franks a N. W. Woods (1993), byla velmi důležitou součástí plánů a projektů pro vymezení geologických a geotechnických problémů a potencionálních nebezpečí při výstavbě letiště Chep Lap Kok. Tyto studie je také možné použít jako archivní zdroje informací a do jisté míry a v určitých případech jako místní charakteristiky základových půd.

Vztahem mezi geotechnickými parametry písčitých zemin a jejich genezí se v oblasti Senegalské pánve (Afrika) zabýval M. B. Diop, A. Bouguerra a I. K. Cisse (1999). V oblasti Norfolk (Anglie) je jedno z nejreprezentativnějších odkrytí glaciálních sedimentů Britských ostrovů, kde A. Kazi aj. L. Knill (1969) zkoumali v oblasti mezi městy Happisburgh a Cromer jak sedimentaci, tak geotechnické vlastnosti tillů nazývaných „Cromer Till“.

Jako jeden z mnoha autorů studoval G. Gao (1996) ve své práci souvislosti mezi vlastnostmi sprašových, lateritických a jílovitých hornin, jejich zeměpisným rozšířením a klimatickými podmínkami. V zájmové oblasti v Číně vyčlenil tři regiony podle složení podložních zemin a klimatických podmínek, kterými jsou průměrná roční teplota a srážky. Tomuto tématu se věnovali i A. F. Richards a S. T. Dzwilewski (1974) v zájmovém území „Golfo San Matias“ v Argentině.

Do nepřímého stanovení místních charakteristik, protože jde pouze o jeden litologicko-genetický typ, což se blíží k problematice této disertační práce, lze zařadit studii inženýrských aspektů křídových souvkových hlín v oblasti města Milton Keynes (Anglie), ve které B. Denness (1974) charakterizuje tento druh hornin z pohledu inženýrskogeologických vlastností. Podobně prezentují J. A. Little a J. H. Atkinson (1988) výsledky mineralogických a geotechnických analýz včetně konsolidačních zkoušek nánosových tillů ve „Vale of St Albans“ (Anglie). Obdobně zjišťovali W. M. Yan a Y. Ma (2010) geotechnické vlastnosti a míru konsolidace mořských jíílů na severním pobřeží Tapai v jižní Číně. F. G. Bell et al. (2002) zpracovali studii týkající se mineralogického složení a vlastností hornin v oblastech východní Anglie, severního Yorkshire a Nottinghamshire a jižního Essexu (Anglie). Ve studii je porovnáváno složení a vlastnosti

skupin glaciálních uloženin podél východního pobřeží v Anglii. Zhodnocení geotechnických vlastností a jejich závislostí na hloubce uložení je zpracováno v tabulkách a grafech a dále jsou typy tillů srovnávány na základě těchto vlastností. Obecně mají tyto uloženiny převládající obsah matrixu tvořený z méně než třetiny jílovými částicemi, pevnou nebo střední plasticitu, nízkou senzitivitu, relativně nízké hodnoty smykové pevnosti a jsou neaktivní nebo normálně aktivní. Dále F. G. Bell (1994) provedl studii, v níž jsou uvedeny hodnoty základních geotechnických vlastností spetonských jílů v zájmovém území severního Yorkshiru. V těchto jílech jsou hlavními minerály křemen a slída a ve vyšších partiích klesá obsah kaolinitu a illitu, které jsou typické pro tyto uloženiny. Jíly mají vysokou plasticitu ovlivněnou číslem pórovitosti a jílovitou frakcí, jsou neaktivní, obsah vlhkosti je nižší než mez plasticity, takže jíly mají negativní stupeň plasticity, a pevnost vzrůstá směrem k bázi formace. V článku z roku 1998 jsou zhodnoceny základní petrografické a inženýrské charakteristiky pískovců Sneintonské formace pro určené hloubky. Podle této studie neovlivňují petrografické vlastnosti, popř. velmi málo, mechanické vlastnosti nebo chování pískovců. Obsah jílovitých částic a křemene má vliv na pevnost v prostém tlaku. Další vztahy byly sledovány mezi zrnitostí a pevností stanovenou brazilskou zkouškou, bodovým zatížením atd. Závěrem publikované práce F. G. Bella (1999) o geotechnických vlastnostech jílů vrstev „Claygate“ a „Bagshot“ v jižním Essexu v Anglii je, že jíly mají normální aktivitu, hodnoty neodvodněné smykové pevnosti jsou ovlivněné množstvím přítomného tmelu, stupněm opracování a zpevnění zrn, a ukazují, že silty a jíly jsou měkké až velmi měkké.

Inženýrskogeologickými klasifikacemi, vlastnostmi sprašových sedimentů v Libyi, eventuálně vyhledáváním různých závislostí například na hloubce a srovnáním jejich hodnot s jinými oblastmi se zabývají A. M. Assallay, C. D. F. Rogers a I. J. Smalley (1996). J. Šajgalík (1991) hodnotí geotechnické vlastnosti danubijských nížinných sprašových hornin v Karpatech na Slovensku. Další studii tohoto charakteru provedla A. Erbenová (2004) v příspěvku o geotechnických vlastnostech brněnského miocenního jílu a následně v článku z roku 2008 o mechanickém chování miocenních jílů jako základových půd na Moravě. Tento okruh je velmi rozsáhlý, proto jsou zde uvedeny jen některé publikace vystihující danou problematiku.

Za místní charakteristiky se mohou považovat výzkumné studie, ve kterých byly provedeny či zpracovány průzkumy s polními a laboratorními zkouškami hornin a další

vyhodnocení určitých parametrů ve vymezené oblasti, což bylo uskutečněno například J. D. Brownem a M. A. Rashidem (1975) v publikaci o geotechnických vlastnostech Nearshorských sedimentů v Canso Strait (Nové Skotsko). Dále v Jemenu v oblasti Sana zformoval za použití polních a laboratorních analýz a průzkumných metod místní charakteristiky K. A. H. Al-Gasous (1988). Podobnou tematiku zpracoval M. J. Yasin (1990) ohledně geotechnických vlastností zemin v oblasti Haditha (Irák) a G. E. Veyera, H. G. Brandes a A. J. Silva (2001), kteří charakterizovali vlastnosti křídových sedimentů na ostrovech „Dry Tortugas Keys“ a „Marquesas Keys“ (Florida, USA).

Inženýrskogeologické vlastnosti zemin a jejich statistické zpracování v oblasti „Busan New Port“ (jižní Korea) uvedl ve své studii S. G. Chung et al. (2005). A podobně J. Quo et al. (2008) na území Guangzhou (Čína), z jehož závěru vyplývá, že díky statistickému opodstatnění stupně korelace je možné odhadovat mechanické vlastnosti z fyzikálních ukazatelů určených obvyklými zkouškami. B. W. Avery (1973) využil geologického mapování, průzkumných metod a základních inženýrských vlastností k rozdělení hornin v Anglii a Walsu.

P. Martinec a J. Krajíček ve svých publikacích zpracovávali poznatky získané na základě průzkumů, které jsou evidovány v databázi Vědeckovýzkumného uhelného ústavu Ostrava – Radvanice (dnes akciová společnost). Jde o přehledy a analýzy inženýrskogeologických vlastností hornin v daném území, jimž je Slánská pánev a česká část Hornoslezské pánve. Metodika zpracování a interpretace dat pro horniny v obou oblastech je stejná. Petrograficky popsali jednotlivé vrstvy Slánské pánve a zpracovali jejich vlastnosti a vzájemné vztahy právě s ohledem na typ hornin a stratigrafické začlenění (Martinec, Krajíček 1990a). Dále se zabývají horninami zvětralinového pláště karbonu v české části Hornoslezské pánve, jejich vznikem, vývojem a závislostmi vybraných fyzikálních a mechanických vlastností určitého petrografického typu na hloubce uložení (1990b). Jedním ze závěrů je, že sedimenty bádenské výplně mají vyšší hodnoty pevnosti v prostém tlaku, než se předpokládalo podle geologických podmínek, nebyla prokázána závislost mezi pevností a hloubkou uložení a že karbonátový tmel hornin snižuje index plasticity a ovlivňuje pevnostní vlastnosti. Rozdílné hodnoty smykové pevnosti sedimentů lze přikládat jejich kompakci a diagenezi. Obdobně jsou zpracovány vlastnosti hornin svrchního karbonu na kontaktu s pokryvnými útvary (1989) a pokryv

karbonu v české části hornoslezské pánve (2008)¹, které jsou obohaceny také o rozmezí hodnot inženýrskogeologických vlastností jednotlivých typů hornin. Stejnou problematikou se zabýval i M. Vavro (1969), který vytvořil přehled výsledků zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností hornin sedlových vrstev v ostravsko-karvinském revíru.

P. Mikuš (2009) studoval mimo jiné fyzikální a mechanické vlastnosti základových půd včetně statistických analýz, vzájemných vztahů vlastností a jejich závislosti v souvislosti s inženýrskogeologickými problémy výstavby významných staveb na území Bratislavy. Komplexním vyhodnocením inženýrskogeologických poměrů řešil inženýrskogeologické problémy daného území tvořeného neogenními sedimenty a horninami jádrového pohoří, jako je nerovnoměrná ulehlost štěrkovitých půd, úroveň hladiny podzemní vody, nestejnorodost typu základových půd, objemové změny zemin neogenního původu, tektonické poruchy skalních hornin, zóny zvětrávání atd. Rozsáhlý soubor výsledků geotechnického průzkumu také zpracovala K. Strnadlová (2008) ve své disertační práci, ve které se zabývala fyzikálně-mechanickými parametry pro různé třídy základových půd konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, zemního tělesa a jeho podloží a které jsou také vztaženy ke stanovení stability železničního násypu.

Autoři S. Pfleiderer a T. Hofmann prezentovali dílčí výsledky v průběhu řešení dlouhotrvajícího projektu, jehož předmětem je vyhodnocení prostorové proměnlivosti sedimentů a jejich inženýrskogeologických vlastností v části Vídeňské pánve. V rámci prvního dílčího řešení stanovili místní charakteristiky hornin pěti geologických vrstev vyhodnocením inženýrskogeologických informací a dat z tisíců vrtů a vzorků v dunajské nížině ve Vídeňské pánvi pomocí geostatistických metod zahrnujících četnost výskytu pro každý parametr, koleraci mezi parametry a rozptyly hodnot. Statistické popisy byly porovnány v rámci jednotlivých geologických vrstev (Pfleiderer, Hofmann, Auer, 2005). Geologické profily cca 41 000 vrtů z databáze byly použity pro realizaci trojdimensionálního modelu pokryvných útvarů uloženin řeky Dunaje ve východní části Vídně. Také byl vytvořen digitální atlas geotechnických charakteristik zemin sestavených z výsledků zkoušek 4 300 vzorků, které jsou v databázi společně s litologickými,

¹ Těto knize předcházely státní úkol reg. č. P-10-125-402: Otvírka příprava pro dobývání pod beskydskými příkrovy (1984-1987), studium útvarů v letech 1982-1998 a řešení projektu GAČR reg. č. 102/02/0500: Geotechnická charakteristika příkrovů Vnějších Západních Karpat na Severní Moravě (2002-2004).

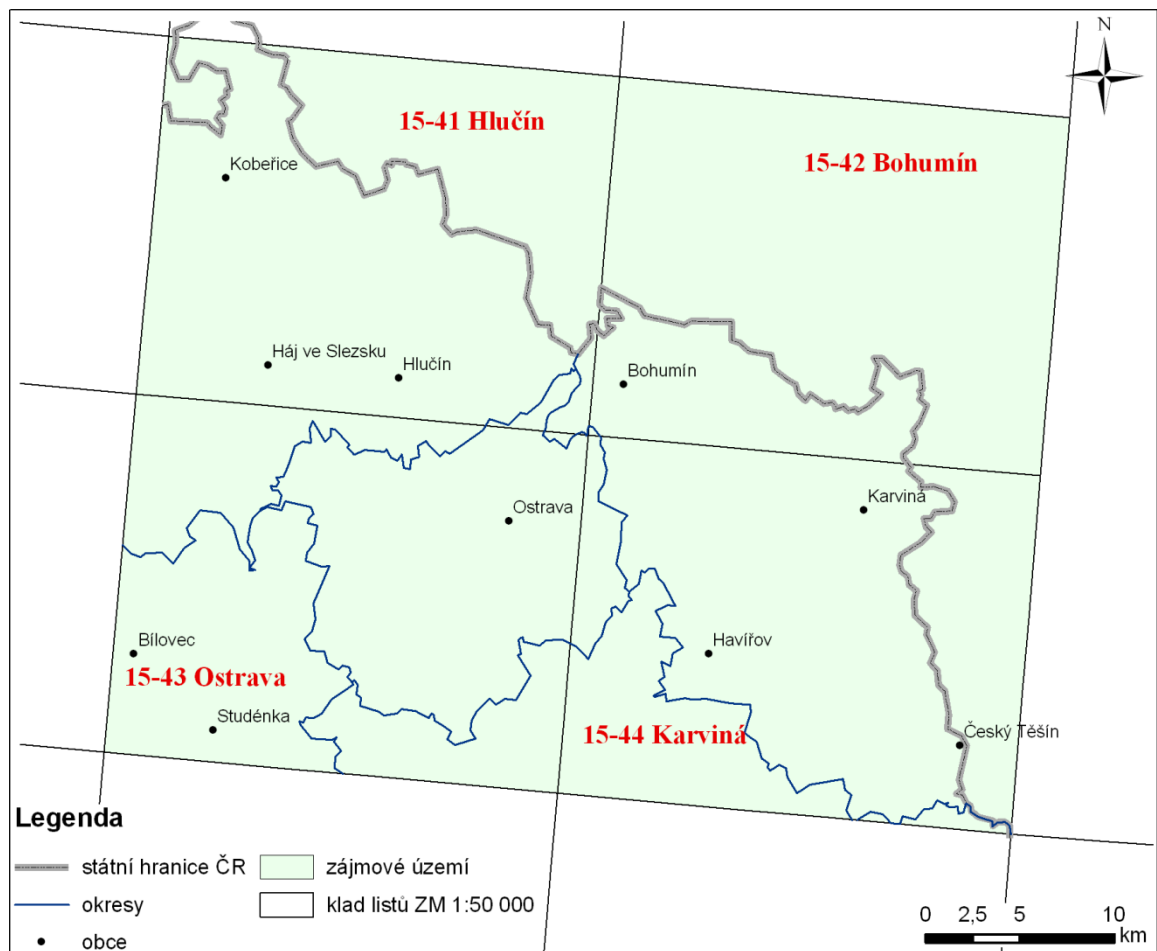
hydrogeologickými a geotechnickými záznamy (Pfleiderer, Hofmann, 2007). Výsledky podobné problematiky s vyhodnocením inženýrskogeologických vlastností, které byly stanoveny na 719 vzorcích aluviálních hornin z 283 vrtů v Římě (Itálie) multivariačními geostatickými metodami, jsou uvedeny v článku autora G. Raspy et al. (2008).

Pojem místní charakteristiky je znám z české normy ČSN 73 1001, která obsahuje také klasifikaci zemin a skalních hornin pro zakládání staveb. V podstatě ve všech závěrečných zprávách inženýrskogeologických průzkumů a ve výzkumných studiích zabývajících se touto problematikou jsou k dispozici geologické informace a inženýrskogeologické vlastnosti určité oblasti, které lze považovat podle zpracování za určité místní charakteristiky. Dosavadní výzkumy se nezabývaly metodikou stanovování těchto charakteristik, což je nedílnou součástí disertační práce. Z výše uvedených publikací je možné konstatovat, že se autoři zabývali pouze jedním litogenetickým typem nebo regionálně úzce vymezeným územím ve vztahu k problematice disertační práce.

1.2. Cíle práce

V disertační práci bylo hlavním cílem zpracovat a vyhodnotit inženýrskogeologické informace o zeminách a skalních horninách, které byly studovány v souvislosti s klasifikací základových půd a vztaženy k zájmovému území vymezenému na čtyřech mapových listech základní mapy měřítka 1:50 000, jimiž jsou listy 15 – 41 Hlučín, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná (obr. 1), čímž se realizoval příspěvek ke studiu *místní typologie základových půd Ostravské pánve*.

V první etapě byla **vytvořena databáze** z inženýrskogeologických zpráv a posudků uchovávaných v České geologické službě – Geofondu, který je součástí výkonu státní geologické služby České republiky podle § 17 zákona ČNR č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. Databáze obsahuje údaje z geologických vrtů a z laboratorních analýz porušených, neporušených a poloporušených vzorků zemin. Množství a charakter těchto dat je závislý na obsahu závěrečných zpráv a prováděných zkoušek základových půd.



Obrázek 1 Vymezení zájmového území podle mapových listů základního zobrazení

Následně byla sestavena **účelová mapa zobrazující lokalizaci vrtných sond** v souřadném systému S-JTSK. Z této mapy je možné jednoduše vyčíst případnou plošnou distribuci průzkumných děl. Jako podklad byla použita mapa inženýrskogeologického rajonování daného území.

V další etapě se **statisticky vyhodnotily vlastnosti zemin a skalních hornin podle tříd základových půd a podle jejich vzniku**. Získaná data prozkoumanosti (průzkumná díla, geologická stavba a vlastnosti hornin) byla primárně roztríděna podle daných tříd základových půd s jejich fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. V další části byly základové půdy rozděleny do jednotlivých geologických prostředí, která jsou založena především na různém petrografickém složení, a byly separátně analyzovány. Realizace těchto statistických rozborů závisí na množství vzorků jednotlivých litogenetických typů a tříd základových půd. Zjištěné vztahy mezi jednotlivými vlastnostmi základových půd byly hodnoceny na základě obecně známých principů a zkušeností oboru mechaniky zemin a byly konstatovány zjištěné soulady, resp. odchylky.

Hlavním dílčím cílem bylo ***sestavení místních charakteristik základových půd v zájmovém území***, respektive v méně optimálním případě vytvoření typických příkladů inženýrskogeologických vlastností hornin. Fyzikálně-mechanické vlastnosti byly stanoveny pro jednotlivé třídy základových půd bez prostorového omezení a pro třídy základových půd v souvislosti s plošně vymezenými oblastmi s obdobnými základovými půdami, což bylo provedeno podle výše uvedených statistických zpracování souborů vlastností v kombinaci s metodami geografických informačních systémů. Doplnkovou část tvoří zjištěné závislosti, srovnání studovaných parametrů se směrnými hodnotami a další poznatky.

Metodické doporučení řešení optimalizace sestavování místních normových charakteristik základových půd bylo další etapou, ve které byl vypracován rámcový metodický postup pro sestavování místních charakteristik v jiných částech České republiky se stejným využitím, a to především pro potřeby průzkumu a zakládání staveb.

Poslední neoddělitelnou součástí bylo ***zhotovení upravené mapy inženýrsko-geologického rajonování*** podle výsledků studie, kde byly společně s rozčleněním oblasti uvedeny i místní normové charakteristiky, popř. s příklady vlastností hornin.

2. Přírodní poměry

Zájmové území (mapové listy ZM 15 – 41 Hlučín, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná v měřítku 1:50 000) patří v rámci vyššího územního samosprávného celku do Moravskoslezského kraje. Mezi větší města v zájmovém území patří Ostrava, Karviná, Bohumín, Hlučín a Český Těšín.

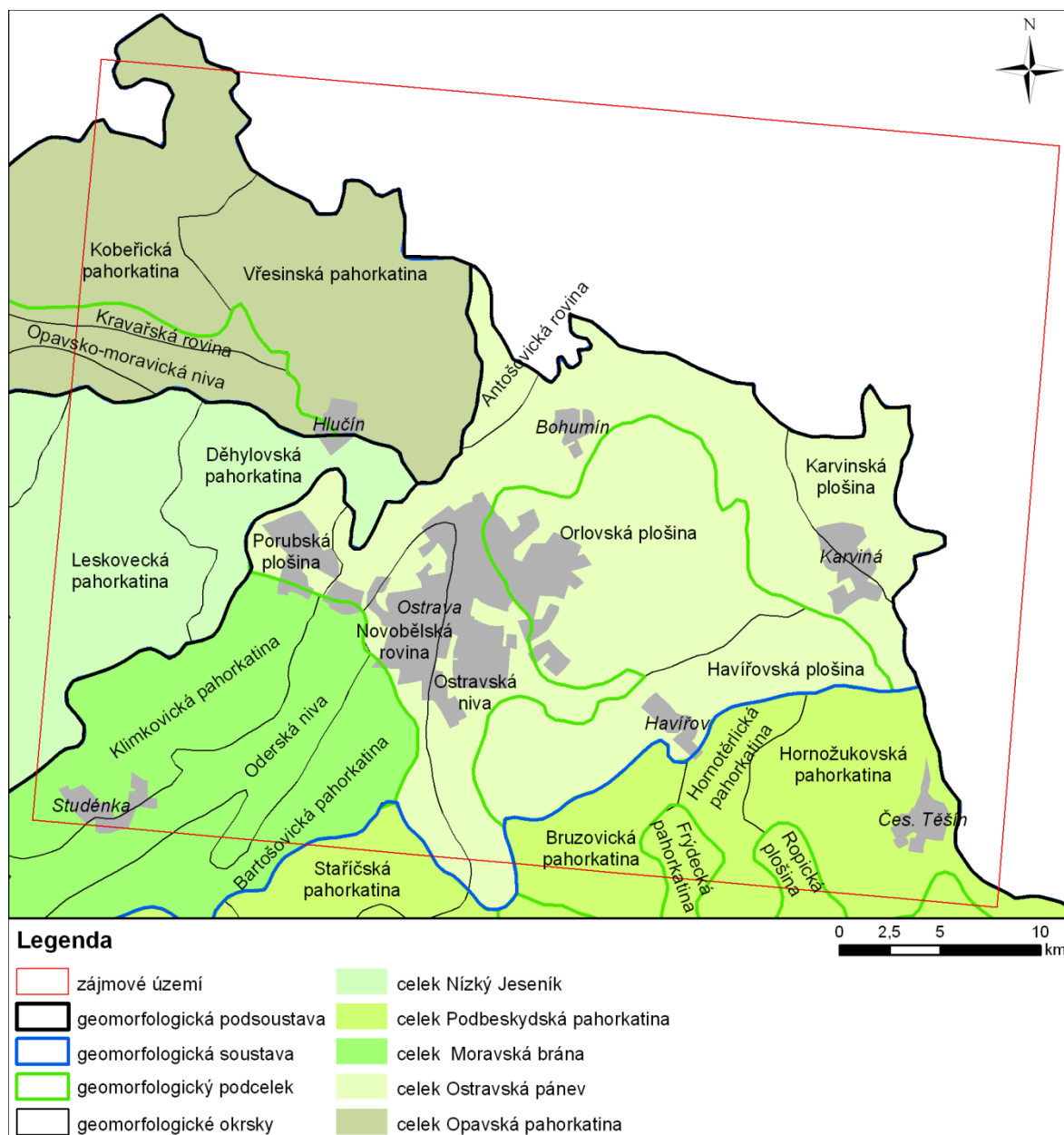
2.1. Geomorfologie

Ve vztahu ke geomorfologickým jednotkám České republiky (Demek, Mackovič et al. 2006) zasahuje vymezená oblast do Alpsko-himalajského systému, subsystému Karpaty, provincie Západní Karpaty a dvou soustav. Jedná se o soustavu Vněkarpatské sníženiny, do které patří celek Ostravská pánev v podsoustavě Severní Vněkarpatské sníženiny a celek Moravská brána v podsoustavě Západní Vněkarpatské sníženiny. V druhé soustavě Vnější Západní Karpaty se nachází podsoustava Západobeskydské podhůří a celek Podbeskydská pahorkatina.

Část území náleží také Hercynskému systému a dvěma subsystémům. Subsystém Epihercynské nížiny se dále rozčleňuje na provincii Středoevropská nížina, soustavu Středopolské nížiny, podsoustavu Slezská nížina a celek Opavská pahorkatina. Do subsystému Hercynské pohoří je řazena provincie Česká vysočina, soustava Krkonošsko-jesenická, podsoustava Jesenická a celek Nízký Jeseník.

Tabulka 1 Vyšší geomorfologické jednotky zájmového území (Demek, Mackovič et al., 2006)

systém	subsystém	provincie	soustava	podsoustava	celek
Hercynský systém	Hercynská pohoří	Česká vysočina	Krkonošsko-jesenická	Jesenická podsoustava	Nízký Jeseník
	Epihercynské nížiny	Středoevropská nížina	Středopolské nížiny	Slezská nížina	Opavská pahorkatina
Alpsko-himalajský systém	Karpaty	Západní Karpaty	Vněkarpatské sníženiny	Západní Vněkarpatské sníženiny	Moravská brána
				Severní Vněkarpatské sníženiny	Ostravská pánev
			Vnější Západní Karpaty	Západobeskydské podhůří	Podbeskydská pahorkatina



Obrázek 2 Výřez geomorfologické mapy s vyznačením zájmového území (Demek, Mackovič et al., 2006)

Ostravská pánev představuje plošně největší geomorfologickou jednotku zájmového území. Je klasifikována jako rovina a plošná pahorkatina, kde se nadmořská výška pohybuje mezi 200 – 300 m n. m., a jejíž reliéf byl utvářen sedimenty čtvrtohorního stáří. V tomto období zasáhl na území kontinentální ledovec ve fázi saalského a elsterského zalednění, které je zdrojem ledovcových sedimentů akumulární plošiny a zbytků náporové morény tvořící až čtyřicet metrů mocné souvrství souvrstevních hlín, glaci-fluviálních a glaci-lakustrinních uloženin. Kvarterní akumulace glacienních, fluviálních a eolických sedimentů byly vystaveny působení erozních a

denudačních procesů a následně z velké části pokryty sprašovými sedimenty. Tektonickými pochody pak došlo k vytvoření výrazných linií JZ – SV a JV – SZ, které podmínily vznik dnešní říční sítě. Antropogenní činnost v podobě hald násypů a výsypek výrazně změnila původní ráz krajiny. Ostravská pánev se dále člení do podcelku Ostravská rovina a jejich okrsků Porubská plošina, Novobělská rovina, Ostravská niva a Antošovická rovina a do podcelku Ostravská plošina, ve které jsou vymezeny okrsky Havířovská plošina, Orlovská plošina a Karvinská plošina (Demek, Mackovič et al., 2006).

Opavská pahorkatina je charakterizována jako plochá pahorkatina tvořená taktéž sedimenty ledovcového původu s periglaciálním reliéfem pokrytým sprašovými sedimenty a členěná údolní nivou řeky Opavy. Nižší geomorfologické jednotky jsou podcelky Poopavská nížina a Hlučínská pahorkatina. Okrsky v Poopavské nížině představují Otická nížina, Opavsko-moravická niva, Kravařská rovina a Komárovská nížina. Podcelek Hlučínská pahorkatina je rozčleněn do okrsků Kobeřická pahorkatina a Vřesinská pahorkatina.

V severovýchodní části celku **Moravské brány** vstupuje do zájmového území podcelek **Oderská brána**. Jedná se o plochou pahorkatinu, jejíž převážná část byla v době saalského a elsterského zalednění pokryta pevninským ledovcem. Tyto uloženiny jsou překryty sprašovými hlínami. Oderská brána se vyznačuje plochým periglaciálním reliéfem s rozsáhlými plošinami a široce zaoblenými rozvodními hřbety a mělkými, vesměs asymetrickými a často suchými údolními. Geomorfologické okrsky této oblasti jsou Klimkovická pahorkatina, Oderská niva a Bartošovická pahorkatina.

Podbeskydská pahorkatina má erozně denudační reliéf tvořen příkrovovými paleogenními a křídovými sedimenty, bradly jurských hornin a neogenními a kvarterními uloženinami. Pásmo vrchovin, pahorkatin a brázd je SV – JZ směru. Působením kontinentálního ledovce se vyvinul specifický charakter průlomových údolí. Tento celek je podle Demka, Mackoviče et al. (2006) členěn do podcelků Těšínská pahorkatina a Třinecká brázda a okrsků Frýdecká pahorkatina, Ropická plošina a Bruzovická pahorkatina, Hornotěřická pahorkatina a Hornožukovská pahorkatina.

Nízký Jeseník je plochou vrchovinou se střední výškou 482,5 m n. m. tvořenou karbonskými drobnými a břidlicemi, v menší míře devonskými horninami a vulkanity a

místy ledovcovými a sprašovými sedimenty. Jsou zde patrné příkré zlomové svahy. Reliéf je poznamenán dřívější těžbou břidlice, rud a kamene. Vítkovská vrchovina je podcelkem v tomto celku a dále se dělí na okrsky Heřmanická vrchovina, Těškovická vrchovina a Děhylovská vrchovina.

2.2. Regionální geologie

Z hlediska regionální geologie se v zájmové oblasti stýká Český masív a Karpatská soustava. Moravskoslezská oblast reprezentuje východní část Českého masívu, která je zastoupena **Moravskoslezským paleozoikem**. Devonské horniny spočívají transgresivně na starším podkladu – Brunovistuliku. Na ukládání sedimentů se v devonu podílel ludmírovský vývoj pokládaný za faciální přechod drahanského vývoje a vývoje Moravského Krasu, který je rozšířen na východním okraji Českého masívu. Sedimentace ze svrchního devonu pokračuje do spodního karbonu představovaného jako slezský kulm. V tzv. kulmském vývoji docházelo k ukládání sedimentů v mořském prostředí. Následuje plynulý přechod do svrchního karbonu s nastupující sedimentací paralické a limnické uhlonosné molasy. Tento sedimentační prostor je nazýván **hornoslezskou pánví**, která se rozprostírá až do polské části Slezska. Česká část pánve je reprezentována ostravsko-karvinskou pánví, na níž se rovněž nachází zájmové území (příloha A1, A2), a podbeskydskou pánví. Ostravská pánev je mobilnější a intenzivněji tektonicky porušená se vznikem ve střídajících se kontinentálních a mořských podmínkách na rozdíl od východnější platformní karvinské pánve (Chlupáč, 2002).

Ostravské souvrství představují cyklicky se opakující pestré sledy hrubozrnných bazálních pískovců (slepenců), prachovců (výše s kořeny uhlotvorných rostlin, tzv. kořenovými půdami), uhelných slojí a jílovců se sladkovodní, brakickou a mořskou faunou. Opakující se sled bazálních pískovců (arkózy, popřípadě i slepence s útržky uhlí), jemnozrnných pískovců, prachovců s kořenovou (stigmariovou) půdou, uhelných slojí, šedých prachovců a jílovců s rostlinnými zbytky a s vzácnou sladkovodní či suchozemskou faunou je příznačný pro karvinskou část, kde jsou tyto cykly mocnější.

Během variských horotvorných procesů se vytvořily k jihovýchodu překocené antiklinální struktury kombinované s přesmyky, kterými jsou michálkovická a orlovská

porucha, oddělované mnohem širšími a ploššími synklinálami ostravskou a petřvaldskou brachysynklinálou (Dopita et al., 1997).

Postvariské geologické události se odehrály v miocénu. První doložená mořská transgrese zasáhla **karpatskou předhlubeň** z jihu, a to v eggenburgu. Je spojena s násunem Vnějších Západních Karpat na Český masív. V následném erozně-denudačním období se zformoval pahorkatinový reliéf. V karpatu se vytvořila souvislá předhlubeň, probíhající ve směru SV - JZ, zaplněná sladkovodními, brakickými i mělkomořskými sedimenty. Po regresi spojené s větší tektonickou aktivitou, koncem karpatu, došlo k nasunutí staroštýrských příkrovů Vnějších Karpat, před nimiž poklesávalo počátkem spodního badenu karpatské předpolí a vytvářela se badenská předhlubeň neboli čelní hlubina za doprovodu převážně mořské sedimentace (Dopita et al., 1997). Koncem spodního badenu se přes autochtonní uloženiny předhlubně přesunuly mladoštýrské příkrovy – příkrov podslezský a na něm spočívající slezský. Dosunutí příkrovů bylo spojeno s výzdvihem karpatské předhlubně, takže zanikl souvislý sedimentační prostor. Neogenní sedimenty se pak ukládaly v depresích. V souvislosti s dozíváním badenských procesů se vytvářely říční sítě blízké současnému systému. Dále dochází pouze ke kontinentální sedimentaci.

Kvarterní pokryv je reprezentován sedimenty pleistocenního a holocenního stáří. Ve středním pleistocénu proběhly dva glaciály - elsterský a saalský, kdy nastalo kontinentální zalednění vlivem průniku kontinentálního ledovce do oblasti ostravsko-karvinské pánve. Uložené sedimenty během tohoto období reprezentují glacigenní tily, glacialakustrinní jíly a silty a glaciofluviální štěrky a písky tvořící terasové akumulace. Eolické, fluviální a deluviální sedimenty byly následně ukládány ve svrchním pleistocénu během visalského zalednění, kdy na dané území již ledovec nezasahoval. Nejrozšířenější jsou sprašové hlíny a spraše tvořící podobu dnešního reliéfu. Solifukční hlíny s úlomky různých hornin jsou charakteristické svahové (deluviální) uloženiny. Fluviální uloženiny, převážně štěrky a štěrkopísky, vyplňují říční nivy a tvoří terasy. Kombinací geodynamických procesů v tomto období také vznikaly deluviofluviální a deluvioeolické sedimenty v podhorských částech. V holocénu plynule pokračovala sedimentace ze svrchního pleistocénu za působení mírného klimatu. Fluviální sedimenty představují důležitý element holocénu v podobě povodňových písčitých hlín a písčitých štěrků. Ve splachových depresích, jimiž jsou mělká údolí často lemována deluviálními hlinitými

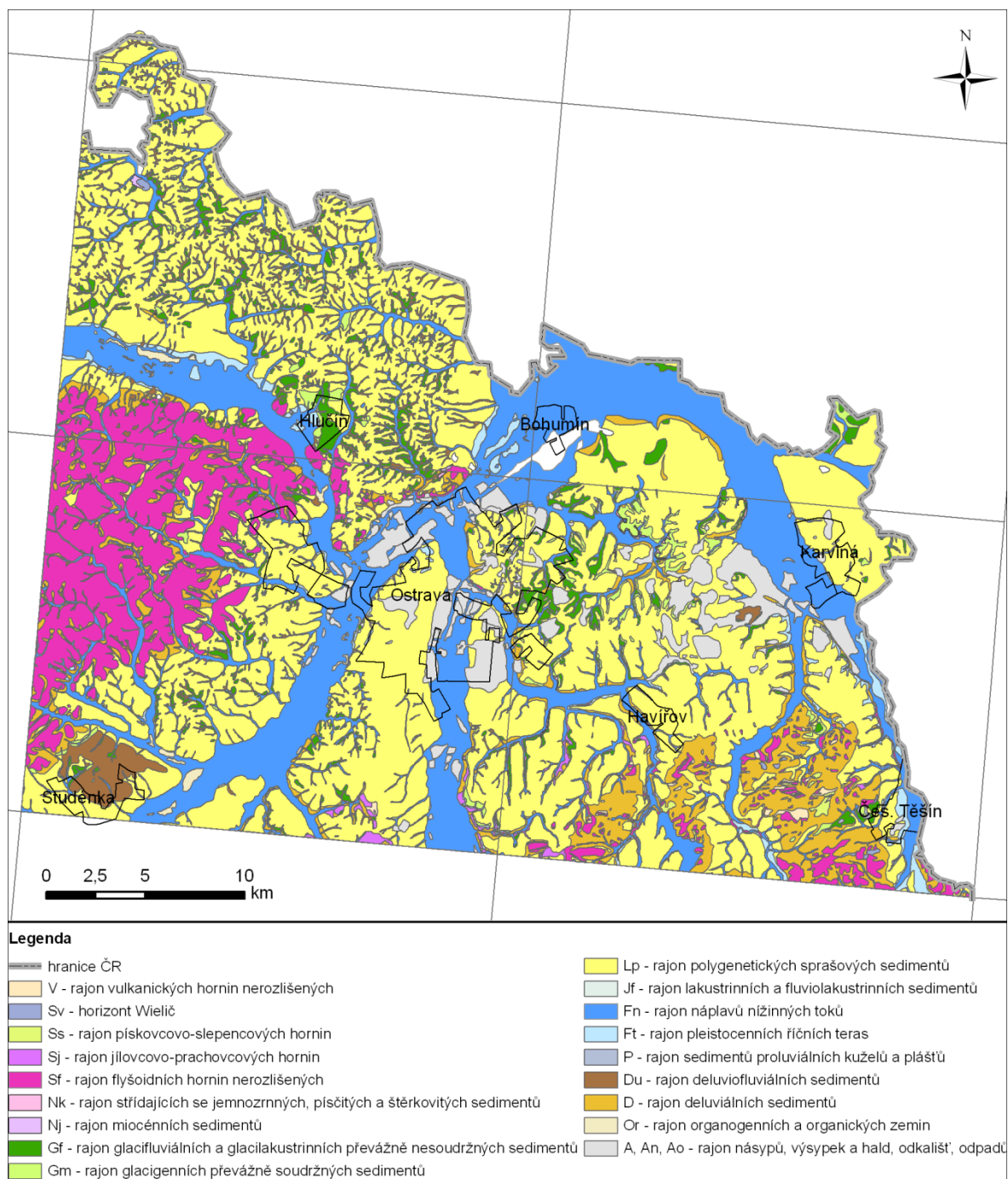
ronovými sedimenty, se vyskytují deluviofluviální uloženiny hlinitého charakteru. Místy se tvoří rašeliniště z organických sedimentů v mrtvých ramenech řek. V neposlední řadě se na geologických poměrech podílí i lidé, kteří produkují značné množství antropogenních uloženin, počínaje odvalovými haldami, výsypkami a skrývkami díky těžební činnosti, přes skládky komunálního odpadu, navážky stavebního odpadu, až po násypy aj. (Čurda, 1989 a, b).

2.3. Inženýrskogeologické poměry

Zájmová oblast se nachází v regionu neogenních tektonických sníženin v oblasti čelní karpatské předhlubně. Na neogenních sedimentech s výskytem zvodněných štěrků spočívají uloženiny kontinentálního a říčního původu a údolních niv, které jsou pokryté sprašovými půdami s proměnlivou hloubkou. Mezi projevující se geodynamické jevy patří sesuvy a prosedání spraší. Vhodné základové podmínky jsou globálně na plošně rozsáhlých říčních terasách, naopak nevhodně jsou v údolních nivách, neulehlých násypech, haldách a na poddolovaném území (Pašek, Matula, 1986). Oblast české části hornoslezské pánve je v ostravské a karvinské pánvi značně postižena antropogenní činností. Dnes již na místech navážek, výsypek a hald i na poddolovaných územích probíhají rekultivace, nicméně prostor vhodný pro zástavbu není tímto vyřešen a dostatečně rozšiřován.

Podle map inženýrskogeologického rajonování listů 15 – 41 Bohumín, 15 – 42 Hlučín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná ze souboru geologických a účelových map (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986) se na zájmovém území nacházejí tyto rajony (obr. 3):

- Lp - rajon polygenetických sprašových sedimentů 45,9 % z celkové plochy zájmového území,
- Fn - rajon náplavů nížinných toků 21,4 %,
- Sf - rajon flyšoidních hornin nerozlišených 10,3 %,
- D - rajon deluviálních sedimentů 6,9 %,
- A, An, Ao - rajon násypů, výsypek a hald, odkališť, odpadů 4,4 %,
- Du - rajon deluviofluviálních sedimentů 3,7 %,



Obrázek 3 Mapa inženýrskogeologických rajonů zájmového území (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986)

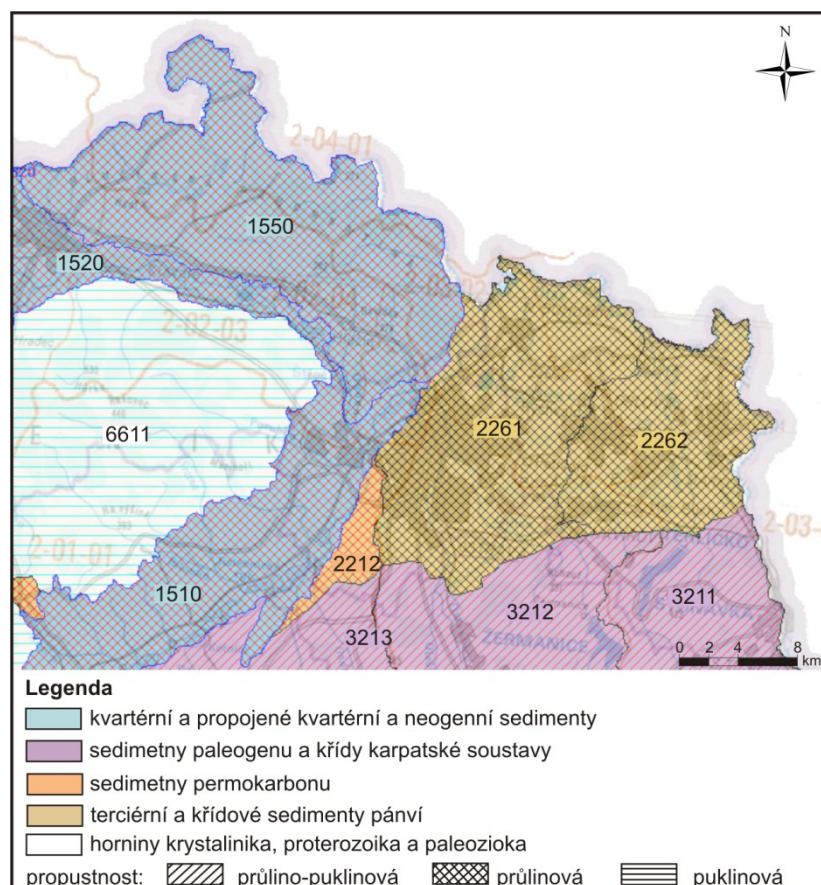
- Gf - rajon glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudrzných sedimentů 3,5 %,
- Ft - rajon pleistocenních říčních teras 1,5 %,
- Gm - rajon glacigenních převážně soudrzných sedimentů 1,1 %,
- Sj - rajon jílovcovo-prachovcových hornin 0,34 %,
- Or - rajon organogenních a organických zemin 0,3 %,

- V - rajon vulkanických hornin nerozlišených 0,19 %,
- Ss - rajon pískovcovo-slepencových hornin 0,11 %,
- Sv - horizont Wielič 0,11 %,
- Nk - rajon střídajících se jemnozrnných, písčitých a štěrkovitých sedimentů 0,1 %,
- Nj - rajon miocenních sedimentů 0,027 %,
- P - rajon sedimentů proluviálních kuželů a plášťů 0,017 %,
- Jf - rajon lakustrinních a fluviolakustrinních sedimentů 0,005 %.

Podrobnější charakteristika těchto rajonů a poměrů následuje v podkapitole 4.3. (Vyhodnocení vrtné prozkoumanosti a vlastností základových půd ve vztahu k inženýrskogeologickým rajonům) na straně 80 – 115.

2.4. Hydrogeologie

Hydrogeologické poměry jsou velmi variabilní vzhledem k velké rozloze vymezeného území a jsou také ovlivněny antropogenní činností, která mění původní přirozené poměry. Charakter útvarů podzemních vod vystihují hydrogeologické rajony základní vrstvy podle hydrogeologické rajonizace (Prchalová et al., 2006) na obrázku 4, které jsou na daném území vymezené v sedimentech moravskoslezského devonu a spodního karbonu rajonem č. 6611 – Kulm Nízkého Jeseníku v povodí Odry, ve flyšových sedimentech rajonem č. 3211 – Flyš v povodí Olše, č. 3212 – Flyš v povodí Ostravice a č. 3213 – Flyš v mezipovodí Odry, v neogenních sedimentech vněkarpatských a vnitrokarpatkých pánví rajonem č. 2261 – Ostravská pánev - ostravská část, č. 2262 – Ostravská pánev - karvinská část a č. 2212 – Oderská brána a rajony svrchní vrstvy v kvarterních sedimentech v povodí Odry rajonem č. 1510 – Kvartér Odry, č. 1520 – Kvartér Opavy a č. 1550 – Kvartér Opavské pahorkatiny. Kvarterní sedimenty tvoří průlinové kolektory s vodou atmosférického původu a chemickým typem $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$. Zvodnění písčitých poloh miocenních sedimentů tvoří stagnující systém s napjatou hladinou fosilní mořské vody typu Na-Cl. Zvodeň s napjatou hladinou bez vodní výměny se zemským povrchem a typem vod Na-Cl a Na-HCO_3 představují bazální klastika miocenního pokryvu. Horniny podslezské jednotky jsou průlinově nepropustné (Dopita et al., 1997).



Obrázek 4 Hydrogeologická rajonizace zájmové oblasti (VÚV TGM, 2005a)

2.5. Hydrologie

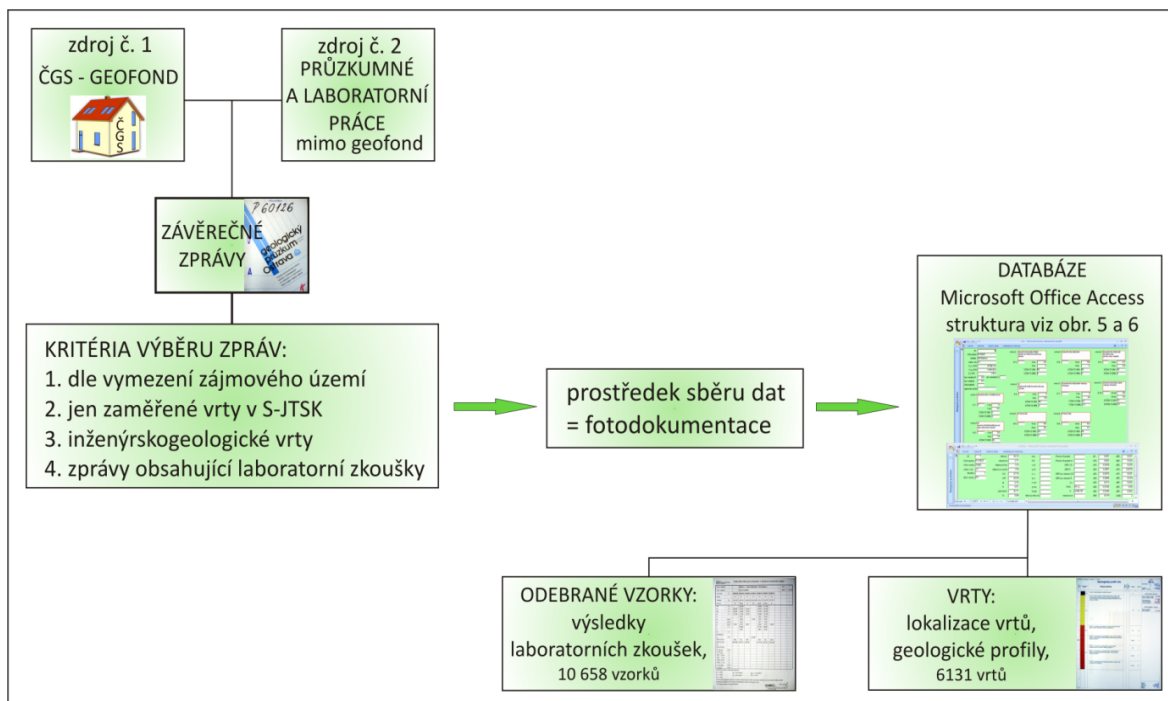
Povodí Odry, ve kterém se nachází zájmová oblast podle správního zařazení české republiky souhlasného s evropskými oblastmi, se dále člení na dílčí povodí - toky II. řádu a základní povodí – toky III. řádu 2-01-01 Odra po Opavu, 2-02-01 Opava po Moravici, 2-02-03 Opava od Moravice po ústí, 2-02-04 Odra od Opavy po Ostravici, 2-03-01 Ostravice, 2-03-02 Odra od Ostravice po Olši, 2-03-03 Olše, 2-04-01 levostranné přítoky Odry od Olše po ústí Osoblahy (VÚV TGM, 2005b).

3. Metodika

Metodika disertační práce je rozdělena do postupně navazujících etap. První z nich je vytvoření databáze informací získaných ze závěrečných zpráv geologických průzkumů. Cílem druhé etapy bylo sjednocení klasifikace zemin jako základových půd. Dále bylo potřeba doplnit původ vzniku základových půd, u kterých tato informace nebyla zaznamenána, a také přiřadit studované vzorky do inženýrskogeologických rajonů. Vstupní data byla rozdělena do jednotlivých souborů dat podle kombinací atributů, kterými jsou třídy základových půd, genetický typ a inženýrskogeologické rajony, a poté byly tyto skupiny parametrů statisticky analyzovány a popsány. Poslední etapou bylo metodické doporučení pro vytvoření typologie základových půd, které bylo vytvořeno z předchozích fází.

3.1. Databáze

Nejrozsáhlejší částí disertační práce byla úvodní **etapa studia archivních materiálů** týkající se získávání dat prozkoumanosti a **studia metod souvisejících s geotechnickými vlastnostmi** (obr. 5).



Obrázek 5 Blokový diagram etapy vytvoření databáze pro disertační práci

Tato etapa byla rozdělena do dvou současně probíhajících podetap. První podetapa se týkala zpracování závěrečných zpráv z České geologické služby – Geofondy, která

představuje státní instituci pověřenou vykonáváním státní služby pro evidenci dokumentace všech geologických prací v podobě závěrečných zpráv a posudků geologických průzkumů dle zákona ČNR č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. Protože rozsah studovaných údajů z hlediska technologie průzkumných prací a zkoušek mechaniky zemin byl značně rozsáhlý a bylo nutno mu náležitě rozumět, vyvstala potřeba druhé současně probíhající podetapy ve formě praktických poznatků a zkušeností ve firmě, která se zabývá uvedenou činností. Rozsáhlejší část zájmu se týkala pochopení a poznání principů a hodnocení výsledků zkoušek zemin v laboratoři mechaniky zemin firmy GEOSTA Ostrava s.r.o. Druhá méně rozsáhlá část se vztahovala ke studiu technologie průzkumných prací v terénu, kterými byly zejména vrtné práce, penetrační zkoušky a způsob odběrů vzorků, jež jsou neoddělitelným prvkem problematiky geotechnických vlastností.

Důležitou součástí výše uvedené první podetapy bylo vytvoření jedné centrální **databáze** informací. Její struktura byla sestavena výběrem požadovaných dat z textových a přílohových částí zpráv, které jsou odevzdávány pouze v tištěné podobě. Digitální forma není dostupná ze dvou důvodů. Prvním jsou realizace průzkumů v době bez počítačové techniky, druhým je fakt, že digitální podoba je pouze majetkem firmy provádějící práce. Závěrečné zprávy geologických průzkumů vhodné pro zpracování (seznam viz příloha B) byly vybrány z fondu posudků a zpráv podle zadaných kritérií:

1. prostorové vymezení - klady mapových listů ZM 15 – 41 Ostrava, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Hlučín, 15 – 44 Karviná v měřítku 1:50 000,
2. způsob lokalizace – vrty zaměřené,
3. účel objektu – inženýrsko-geologický,
4. zprávy obsahující laboratorní zkoušky zemin.

Pro zpracování potřebných dat a informací z těchto závěrečných zpráv byla zhotovena **databáze „Vrty a vzorky“** v softwarovém programu Microsoft Office Access. Princip všeobecně spočívá v zadávání a spravování dat v rámci jednoho souboru. *Tabulky* se v něm využívají k ukládání dat, *dotazy* k vyhledání a získání požadovaných informací, *formuláře* k zobrazení, přidání a aktualizaci dat v tabulce, *sestavy* k analýze nebo tisku dat v určitém rozložení a *datové stránky* k zobrazení, aktualizaci a analýze databázových dat ze sítě Internet nebo intranet.

Pro ukládání dat byla vytvořena tabulka „Vrty“ s informacemi z vrtných sond a tabulka „Vzorky“ s daty týkající se laboratorních zkoušek vzorků (obr. 6). Definice typů jednotlivých polí se provádějí v návrhovém zobrazení. V tabulce „Vrty“ jsou obsaženy informace z geologických profilů vrtů, jimiž jsou lokalizace vrtu, hladina podzemní vody, agresivita prostředí na beton a ocelové konstrukce a petrografický popis jednotlivých litologických vrstev s hloubkovým rozsahem, zatříděním dle klasifikace základových půd (ČSN 73 1001) a s třídou těžitelnosti (ČSN 73 3050). Výsledky laboratorních zkoušek provedených na odebraných vzorcích základových půd, jimiž jsou zrnitost, zdánlivá hustota pevných částic (ρ_n), objemová hmotnost (ρ_s), objemová hmotnost suchých částic (ρ_d), vlhkost (w), mez tekutosti (w_L), mez plasticity (w_p), index plasticity (I_p), index konsistence (I_c), pórovitost (n), stupeň nasycení (S_r), efektivní a totální soudržnost (c_{ef} , c_u) a úhel vnitřního tření (ϕ_{ef} , ϕ_u) a edometrický modul (E_{oed}), jsou společně s druhem a hloubkou odebraného vzorku zaznamenány v tabulce „Vzorky“.

The image shows a screenshot of the Microsoft Access database interface. It displays two tables: 'Vrty' (Boreholes) and 'Vzorky' (Samples). The 'Vrty' table has columns for ID, report number, location, borehole name, coordinates (X, Y, Z), depths (h, h1, h2), standards (ČSN), aggressivity (agi), and soil layers (vrstva 1, G1, 1 od, 1 do, 1 ČSN 73). The 'Vzorky' table has columns for ID, report number, borehole name, sample number, parameters (hlc, drul, vlhkost, měrná, objem, objem, WL, WP, Ip, Ic, pón, Sr, lom, lož, c ef, phi ef).

Obrázek 6 Tabulky „Vrty“ a „Vzorky“ v databázi aplikace Microsoft Office Access

Záznamy v tabulkách byly spojeny funkcí relace a primárního klíče a poté je bylo možné zobrazovat ve formulářích, sestavách nebo dotazech. Pro snadné zadávání a změnu dat přímo v tabulce byly zhotoveny stejnojmenné formuláře (obr. 7 a 8), po jejichž otevření se načtou data z jedné nebo více tabulek, zobrazí se na obrazovce ve zvoleném rozložení a umožní jednoduché vyplňování polí ve formuláři.

V databázi je celkem 6 131 vrtů a 10 658 odebraných vzorků.

Obrázek 7 Formulář „Vzorky“ v databázi aplikace Microsoft Office Access

Obrázek 8 Formulář „Vrty“ v databázi aplikace Microsoft Office Access

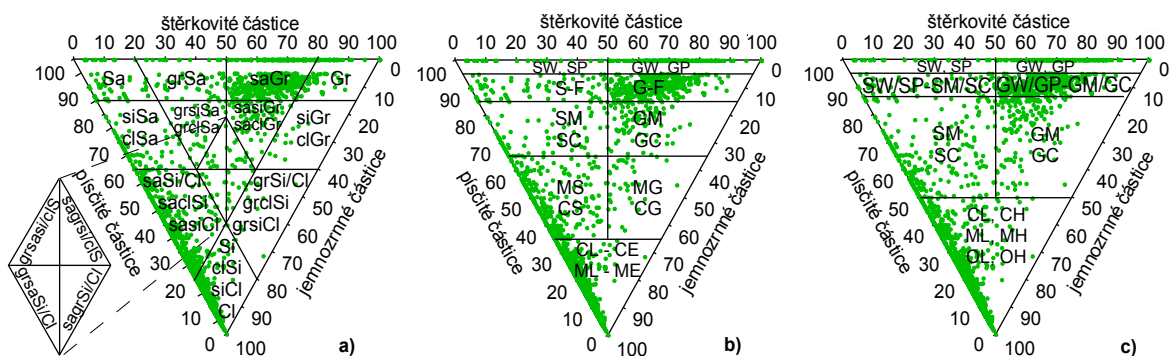
3.2. Klasifikace zemin

Zásadní skutečností pro realizaci disertační práce bylo, že předmětem zájmu většiny studovaných vlastností hornin byly **základové půdy typu zemin**. Tento fakt ovlivňují dvě okrajové podmínky. První je převažující výskyt zemin v blízkosti povrchu terénu v zájmovém území, protože kvarterní horniny nejsou ještě diageneticky zpevněny, resp. skalní horniny bývají zvětralé s vysokým stupněm porušení, takže mají charakter zemin. Druhou neméně důležitou okrajovou podmínkou je, že v oblastech s případným výskytem skalních hornin na povrchu nebo v nemalé hloubce, ve které většinou zakládáme, bylo provedeno minimální množství geotechnických zkoušek. Navíc se

průzkumné práce omezovaly na makroskopický popis hornin a zatřídění podle odhadu dokumentujícího geologa.

Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemin byly studovány z hlediska zrnitostního složení, což reprezentují **třídy základových půd**, které bylo nutné sjednotit, protože zatřídění zemin není shodné kvůli různému stáří zpráv a v některých případech není uvedeno vůbec. I přesto, že od dubna 2010 platí nová klasifikace zemin pro inženýrskogeologické účely podle evropské normy ČSN EN ISO 14688-2 (Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 2: Zásady pro zařizování), byla zvolena klasifikace podle normy ČSN 73 1001 (Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy), která je velmi podobná klasifikaci USCS – The Unified Soil Classification System (ASTM D2487) a je dlouhodobě jediná a konvenční norma na území České republiky řešící problematiku zakládání staveb. Zjednodušené schéma zatřídění je uvedené v příloze C.

Základní rozdíly v klasifikacích základových půd podle uvedených systémů jsou patrné z obrázku 9, ve kterém jsou také vyznačeny studované vzorky. U evropské normy je hranice mezi jílem a prachem daná obsahem jílovitých částic ($< 0,002 \text{ mm}$), u ostatních klasifikací čarou A ($I_p = 0,73(w_L - 20)$) v diagramu plasticity. Dále se jíly a hlíny konkretizují podle plasticity v klasifikaci uváděné v normě ČSN 73 1001 do pěti stupňů ($w_L > 90 \%$ zemina s extrémně vysokou plasticitou, $90 - 70 \%$ velmi vysokou, $70 - 50 \%$ vysokou, $50 - 35 \%$ střední, $< 35 \%$ nízkou plasticitou), v normě USCS jsou dva stupně: nízký ($w_L < 50 \%$) a vysoký ($w_L > 50 \%$) a v evropské normě se základové půdy dělí podle plasticity jen z důvodu popisné charakteristiky, nikoli kvůli klasifikaci.



Obrázek 9 Klasifikační systém zemin s vyznačením studovaných vzorků podle evropské normy, české normy a USCS: (a) The Evropský klasifikační systém zemin (ČSN EN ISO 14688-2); (b) Český klasifikační systém zemin (ČSN 73 1001), (c) Jednotný klasifikační systém zemin (ASTM D2487)

Zařazení zemin do příslušných tříd základových půd, k čemuž byly použity makra v programu Microsoft Excel pro zautomatizování opakujících se úkolů, bylo možné pouze u vzorků, které měly stanovenou zrnitostní křivku a parametry plasticity (w_L , w_p , I_p , I_c). Prvotně byly odhaleny chyby vzniklé opisem dat projevené narušením posloupnosti vzrůstající datové řady křivky zrnitosti a následně podle obsahu jednotlivých zrnitostních podílů a podle plasticity byly zaříděny dané vzorky zemin do tříd F1 – F8, G1 – G5 a S1 – S5. Výše uvedený postup byl proveden u 9 932 vzorků (93,2 % ze vstupních vzorků zemin). V tabulce 2 a 3 jsou uvedeny počty vzorků daných tříd základových půd, které byly dále statisticky zpracovány pro výše jmenované vlastnosti v souboru dat zájmové oblasti.

Tabulka 2 Počet vzorků v jednotlivých třídách jemnozrnných základových půd pro dané vlastnosti

	F1 MG štěrkovitá hlína	F2 CG štěrkovitý jíl	F3 MS písečná hlína	F4 CS písečný jíl	F5 ML hlína s nízkou plasticitou	F5 MI hlína se střední plasticitou	F6 CL jíl s nízkou plasticitou	F6 CI jíl se střední plasticitou	F7 MH hlína s vysokou plasticitou	F7 MV hlína s velmi vysokou plasticitou	F8 ME hlína s extrémní plasticitou	F8 CH jíl s vysokou plasticitou	F8 CV jíl s velmi vysokou plasticitou	F8 CE jíl s extrémní plasticitou
w (%)	7	71	244	935	129	61	1755	1938	38	13	3	1058	203	9
ρ_n (g.cm ⁻³)	16	95	299	943	151	57	1739	1872	35	14	1	1003	181	9
ρ_s (g.cm ⁻³)	5	53	197	794	114	50	1608	1872	33	12	1	981	183	9
ρ_d (g.cm ⁻³)	5	53	197	795	114	50	1616	1808	33	12	1	981	182	9
w_L (%)	9	100	245	1028	135	62	1840	1980	37	15	3	1077	203	9
w_p (%)	9	100	245	1028	135	62	1839	1979	37	15	3	1077	203	9
I_p (%)	9	100	245	1028	135	62	1840	1980	37	15	3	1077	203	9
I_c (-)	5	58	144	844	100	42	1671	1809	30	11	2	990	201	9
n (%)	5	47	183	723	107	46	1656	1683	30	10	1	900	166	9
S_r (-)	5	47	189	735	109	48	1575	1681	31	10	1	903	166	9
c_{ef} (kPa)		3	16	97	8	6	130	208	7	0		195	44	2
φ_{ef} (°)		3	16	97	8	6	130	208	7	0		195	44	2
c_u (kPa)			1	21	6	1	53	74	3	2		113	24	
φ_u (°)			1	21	6	1	53	74	3	2		113	24	
E_{oed} (MPa)		4	22	131	10	5	224	309	7	2		339	70	4

Tabulka 3 Počet vzorků v jednotlivých třídách hrubozrnných základových půd pro dané vlastnosti

	G1 štěrk GW dobře zrněný	G2 štěrk GP špatně zrněný	G3 štěrk s příměsí G-F jemnozrnné zeminy	G4 hlinitý štěrk GM	G5 jilovitý štěrk GC	S1 písek SW dobře zrněný	S2 písek SP špatně zrněný	S3 písek s příměsí S-F jemnozrnné zeminy	S4 hlinitý písek SM	S5 jilovitý písek SC
w (%)			137	24	73			71	144	107
ρ_n (g.cm ⁻³)	136	234	891	118	212	73	33	287	344	150
ρ_s (g.cm ⁻³)			74	6	43			22	91	78
ρ_d (g.cm ⁻³)			60	6	42			22	91	76
w _L (%)			322	73	223			34	130	152
w _P (%)			320	73	223			34	134	160
I _P (%)			321	73	223			34	132	157
I _c (-)			76	11	70			17	49	95
n (%)			52	6	29			18	77	68
Sr (-)			52	6	28			18	76	69

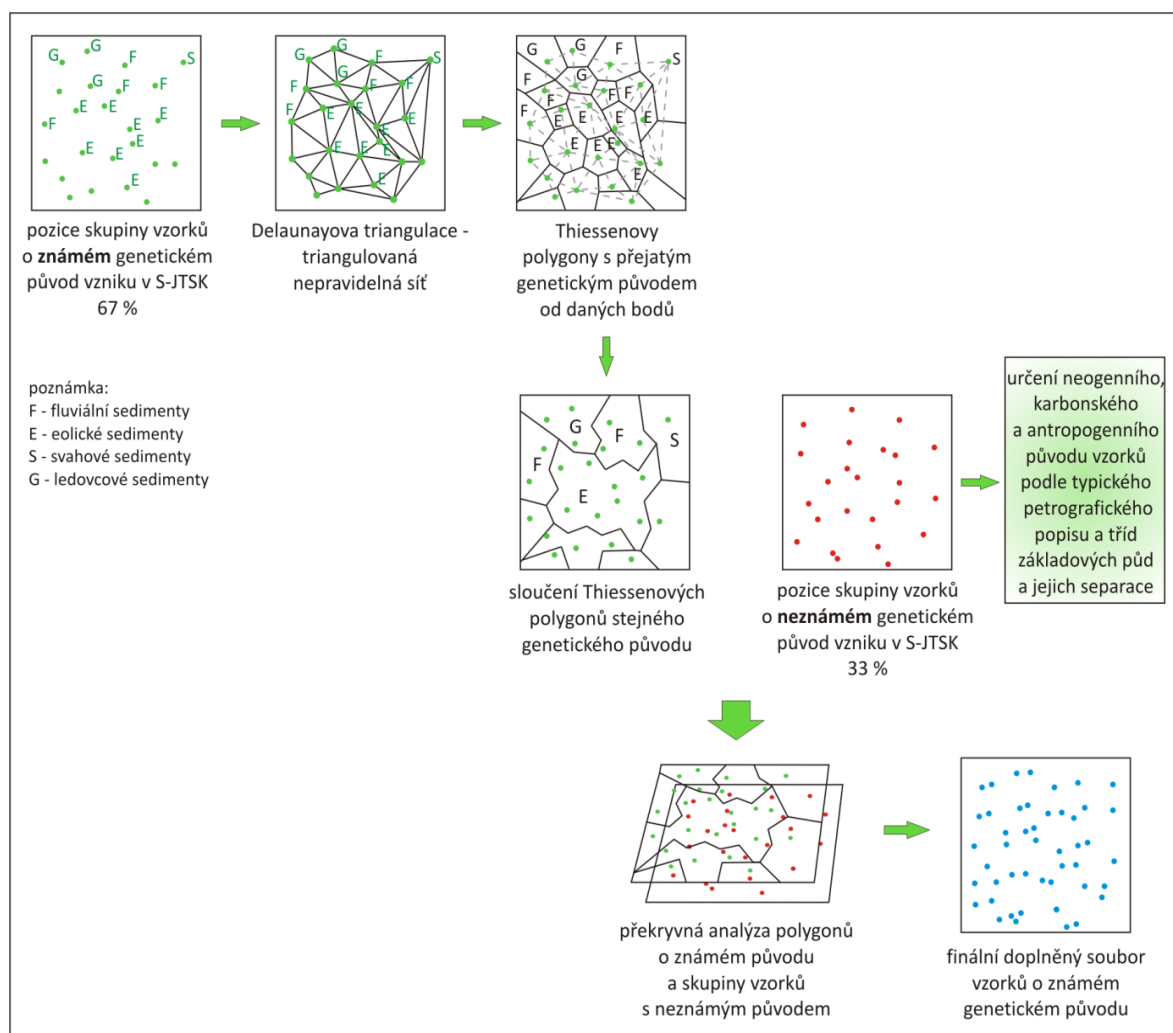
3.3. Zařazení základových půd podle genetických typů

Posudky obsahují i komplexní popis geologického prostředí zájmové oblasti, což vedlo k prostudování všech vyskytujících se genetických typů zemín. U jednotlivých geologických vrstev a tím i u odebraných vzorků je tento atribut zapsán na základě asistence geologa u vrtných prací a jeho znalostí geologického prostředí, proto může být zatížen chybou interpretace. Jde o opěrný bod pro závěrečné vyhodnocení inženýrskogeologického charakteru oblasti a je to relativně nepodstatný poznatek pro stavební inženýry, což může vysvětlovat chybějící genezi u 33 % vzorků z celkového počtu.

Označení pro zeminy neogenního a karbonského stáří a antropogenního původu bylo přiřazeno vzorkům, u kterých nebylo zapsáno v geologických profilech vrtů, podle charakteristického petrografického popisu a podle typických tříd základových půd. Například pro neogenní sedimenty je charakteristický šedý či šedozelený vápnitý jíl třídy F6 nebo F8, pro karbonské zvětralý jílovec rozložený až na jíl s úlomky hornin nebo pro antropogenní uloženiny haldovina, návoz, kusy cihel a betonu. Další podmínkou je uložení v geologickém prostředí. Karbonské uloženiny musí být poslední vrstvou ve vrtu, tudíž je kontrolním kritériem, že se pod nimi nenachází žádná další geologická vrstva. To platí i pro neogenní sedimenty, avšak jedinou výjimkou je možnost, že se pod nimi může objevit

vrstva karbonských hornin. Naopak antropogenní uloženiny jsou ve většině případů jako svrchní vrstva.

U kvarterních sedimentů byla řešením interpolační prostorová a překryvná analýza v prostředí aplikace ArcMap v jednotlivých vrstvách podle známého genetického typu (obr. 10).

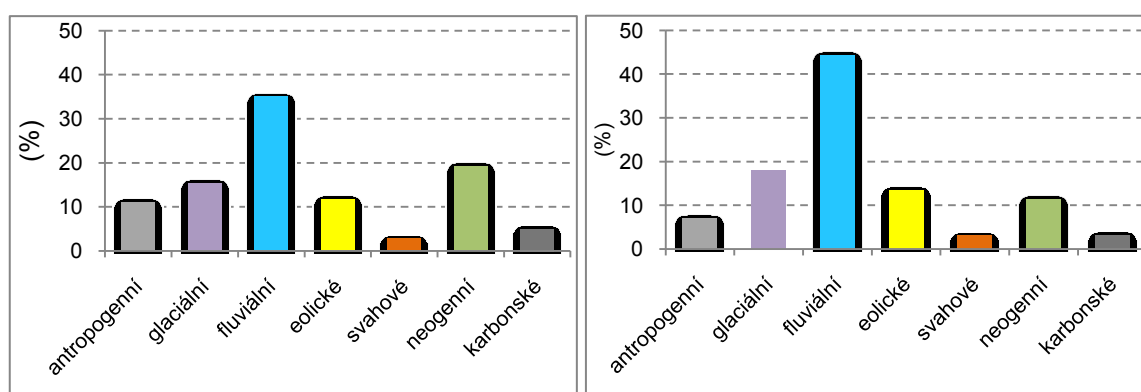


Obrázek 10 Diagram způsobu přiřazení původu studovaných vzorků v prostředí v aplikaci ArcMap

S využitím **Delaunayovy triangulace** byla vytvořena nepravidelná síť přilehlých nepřekrývajících se trojúhelníků ze souboru studovaných vzorků o známém původu, kde každá kružnice opisující trojúhelník neobsahuje uvnitř jiný bod. Následně byly vygenerovány vrcholy, kterými jsou středy kružnic opsaných Delaunayovým trojúhelníkem, a hrany, což jsou kolmice vedené ze středů stran trojúhelníků a byly vytvořeny **Thiessenovy polygony** s přejatými genetickými symboly. Polygony se stejnou hodnotou atributu (stejným genetickým původem) byly spojeny a **překryvnou analýzou**

vrstev získaly body představující hodnocené vzorky s neznámou genezí původu podle polygonů, ve kterých se nacházely. Následně byly výstupy těchto analýz zkontrolovány, aby nedošlo k chybě vlivem nízkého počtu vzorků o známém původu, což by vytvořilo neadekvátní polygony. Intervaly hodnot vlastností byly porovnány před a po analýzách a po zjištění, že se výsledky v jednotlivých genetických typech výrazně neliší, byl soubor dat uzavřen včetně nově zařazených vzorků k dalšímu zpracování jako celku.

V grafu 1a je uvedeno procentuální zastoupení genetických typů studovaných vzorků základových půd před interpolační prostorovou a překryvnou analýzou a v grafu 1b po uvedených analýzách.

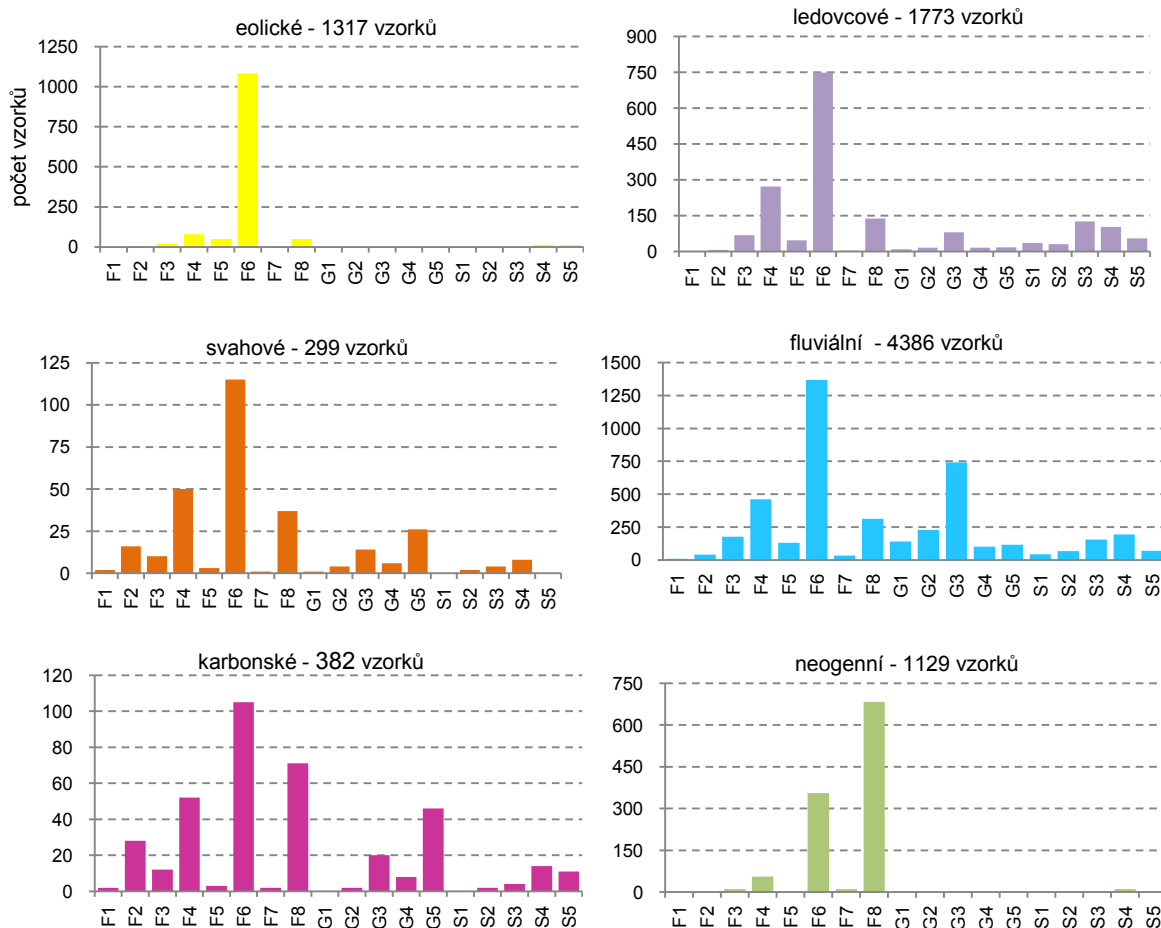


Graf 1 a) Procentuální zastoupení genetických typů studovaných vzorků základových půd před interpolační prostorovou a překryvnou analýzou, b) Procentuální zastoupení genetických typů studovaných vzorků základových půd po analýzách

Předkvarterní uloženiny zastoupeny neogenními sedimenty tvoří 11,4 % z celého souboru dat a zvětralé karbonské horniny 3,2 %. Kvarterní sedimenty reprezentované fluvialními sedimenty představují 44,2 %, ledovcové sedimenty 17,9 %, eolické sedimenty 13,3 % a svahové sedimenty 3 %. Vzorky zeminy antropogenního původu charakteru navážek, násypů, hald atd. se podílejí 7 %.

Třídy základových půd s počty odebraných vzorků zemin v jednotlivých genetických typech jsou na obrázku 11. Z jednotlivých grafů je patrné, že ve všech kvarterních typech základových půd převládají jíly třídy F6 (CL, CI). Eolické zeminy mají dále podobný podíl písčitých jílu a jílu s vysokou, velmi vysokou a extrémně vysokou plasticitou. Ledovcové sedimenty jsou v menší míře zastoupeny písčitými jíly třídy F8 (CH, CV, CE), jíly třídy F4 (CS) a písky s příměsí jemnozrnné zeminy S3 (S-F). Podobně je tomu i u fluvialních a svahových zemin, které jsou také dostatečně reprezentovány hrubozrnnými zeminami, nejvíce štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy a jílovitými štěrky.

Větší heterogenita je u karbonských uloženin a naopak základové půdy neogenního stáří jsou klasifikovány nejvíce do třídy F8 (CH, CV, CE), méně do třídy F6 (CL, CI), v minimální míře F4 (CS) a zanedbatelně do tříd F3 (MS) a F7 (MH, MV, ME).

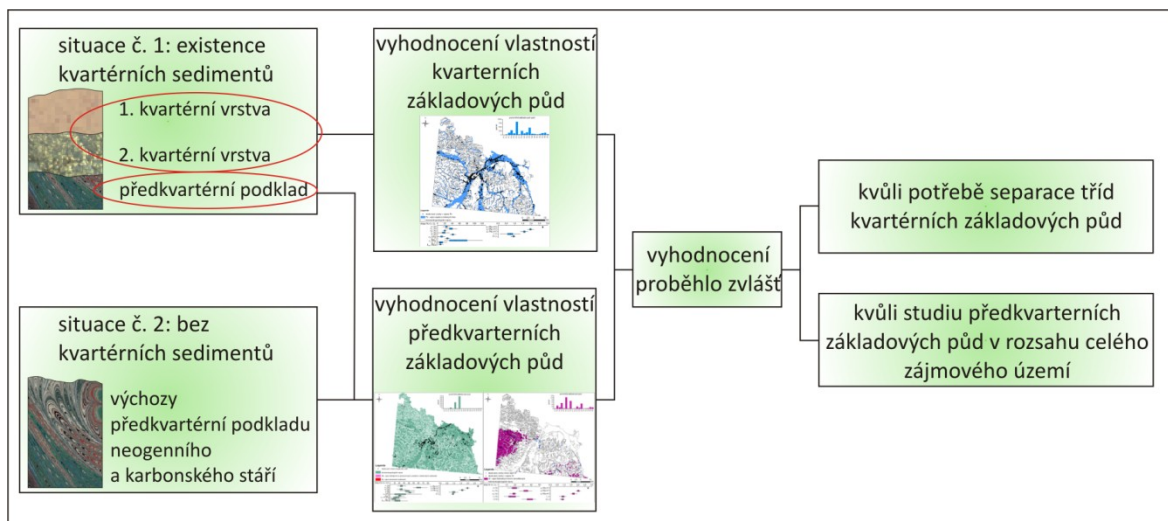


Obrázek 11 Četnost tříd základových půd jednotlivých pro jednotlivé genetické typy

3.4. Určení vztahů studovaných vzorků k inženýrskogeologickým rajonům

Přiřazení do inženýrskogeologických rajonů, které jsou uvedeny v mapách inženýrskogeologického rajonování (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986), bylo potřeba pro vyhodnocení vlastností studovaných vzorků v každém z nich. Studované vzorky byly zobrazeny podle souřadnic vrtů, ze kterých byly odebrány v prostředí aplikace ArcMap. Překryvnou analýzou byly zařazeny do jednotlivých inženýrskogeologických rajonů, takže vznikly soubory dat podle rajonů a podle tříd základových půd.

Přestože existují rajony, které jsou charakterizovány výstupy předkvarterních základových půd na povrch nebo těsně pod ním a také rajony antropogenních uloženin, byly vzorky neogenního a karbonského stáří a antropogenního původu (stanovení jejich původu viz kapitola 3.3. Zařazení základových půd podle genetických typů) zhodnoceny odděleně od základního souboru dat. Je to pro vhodnější a efektivnější hodnocení podloží kvarterních sedimentů, a aby nevznikla situace, že například vzorek neogenního původu třídy F6 bude přiřazen do rajonů polygenetických sprašových sedimentů, které mají jako druhé největší zastoupení třídu F6, nebo by byl dokonce považován za druhou kvarterní vrstvu v daném rajonu. Takže překryvná analýza a následné vyhodnocení vlastností studovaných vzorků ve třídách základových půd byly provedeny u všech vzorků v počtu 10 658, ale ve dvou fázích: pro vzorky genetických typů kvarterního stáří 78,4 % ze všech studovaných vzorků a vzorky předkvarterního a antropogenního původu 21,6 % (obr. 12).

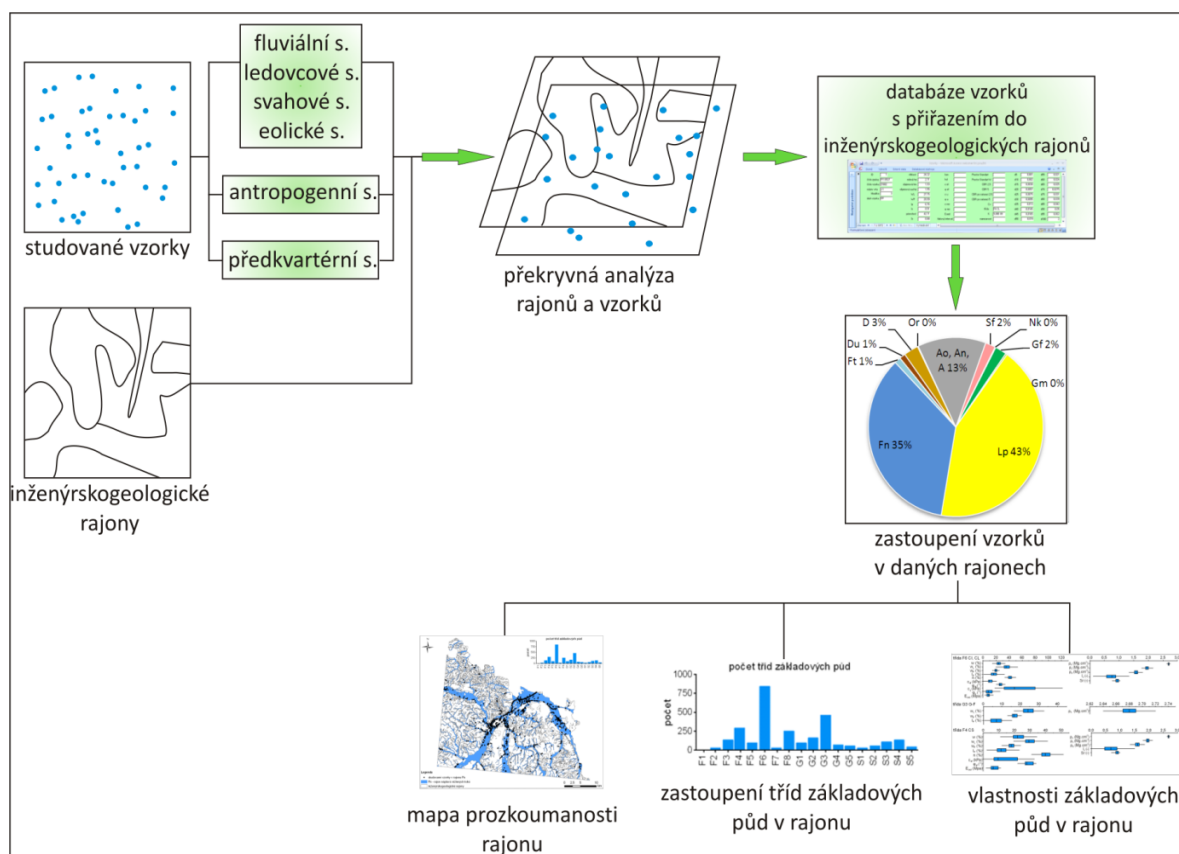


Obrázek 12 Postup vyhodnocení studovaných vzorků v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech ve dvou fázích

Výsledky byly prezentovány grafickou formou, která obsahuje graf četnosti tříd základových půd v rajonu, mapu prozkoumanosti vzorků náležících do rajonu a grafy vlastností základových půd nepočtenějších tříd (tab. 4, obr. 13).

Tabulka 4 Počty studovaných vzorků tříd základových půd v inženýrskogeologických rajonech

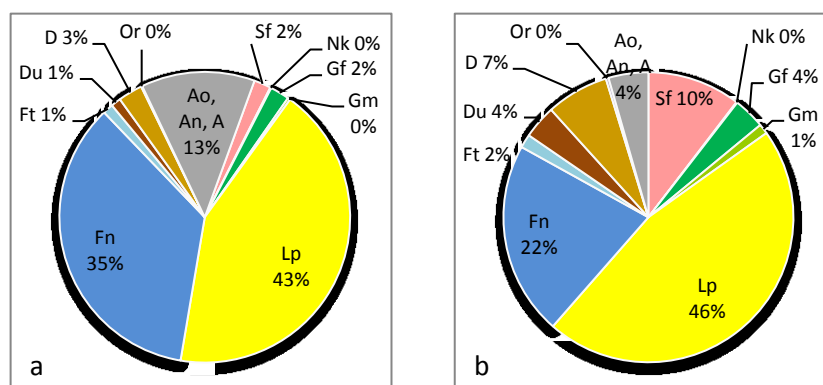
rajon	Sf	Nk	Gf	Gm	Lp	Fn	Ft	Du	D	Or	Ao, An, A	Y	neo-gén
třída													
F1 MG	1				3	6					2	7	
F2 CG	14				23	20	1		9		2	19	
F3 MS	4		13		74	136	4	4	7	2	33	40	11
F4 CS	20		27	3	350	295	9	17	37		106	79	56
F5 ML, MI	2	1	7		75	91	4	9	2	1	38	11	
F6 CL, CI	43	3	54	6	1836	843	33	42	88	2	359	183	355
F7 MV, MH, ME	1		27		6	27	1		1		5	4	11
F8 CH, CV, CE	3	6		5	138	255	6	3	26		72	26	683
G1 GW					23	86	1	1			36	14	
G2 GP					39	154	1			1	55	27	
G3 G-F	9		4		230	456	21	3	15	2	127	94	
G4 GM	5				33	71		1	2		15	28	
G5 GC	20		1		52	58	7	3	14		11	25	
S1 SW			7	2	30	30	1		1		9	1	
S2 SP	1		3	1	46	57		1	2		6	3	
S3 S-F	4		14	3	130	111	6	3	2	2	27	18	
S4 SM	4		17		108	135	1	4	11	1	36	35	11
S5 SC	3		4	2	66	43	2		4		14	23	2



Obrázek 13 Diagram postupu vyhodnocení studovaných vzorků v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech

Zastoupení základových půd ze všech studovaných vzorků v inženýrsko-geologických rajonech je zobrazeno v grafu 2a společně s plošným rozšířením rajonů, ve kterých se dané třídy základových půd nacházejí (graf 2b), a je následující:

- 42,69 % v rajonu polygenetických sprašových sedimentů Lp,
- 35,15 % v rajonu náplavů nížinných toků Fn,
- 12,64 % v rajonu násypů, výsypek a hald, odkališť, odpadů A, An, Ao, An-Ao,
- 2,71 % v rajonu deluviálních sedimentů D,
- 2,14 % v rajonu glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudržných sedimentů Gf,
- 1,89 % z počtu vzorků genetických typů kvarterního stáří v rajonu flyšoidních hornin nerozlišených Sf,
- 1,16 % v rajonu pleistocenních říčních teras Ft,
- 1,1 % v rajonu deluviofluviálních sedimentů Du,
- 0,28 % v rajonu glacigenních převážně soudržných sedimentů Gm,
- 0,13 % v rajonu organogenních a organických zemin Or,
- 0,12 % v rajonu střídajících se jemnozrnných, písčitých a šterkovitých sedimentů Nk.



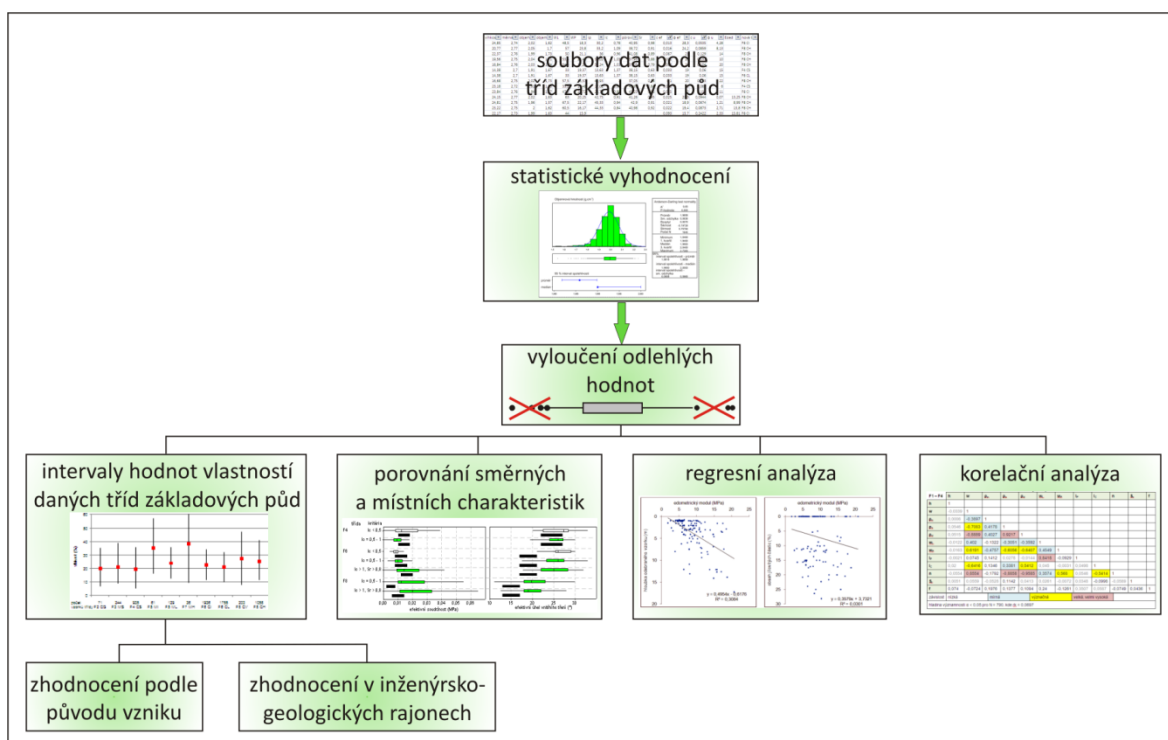
Graf 2 a) Zastoupení studovaných vzorků základových půd v inženýrskogeologických rajonech, b) plošné zastoupení inženýrskogeologických rajonů v zájmovém území

Základové půdy neogenního stáří tvoří 11,4 % z celkového počtu analyzovaných vzorků, karbonského stáří 3,2 % a zeminy antropogenního původu 7 %.

Účelová mapa prozkoumanosti studovaných vzorků v souvislosti s inženýrsko-geologickými rajony se nachází v příloze D.

3.5. Statistické vyhodnocení

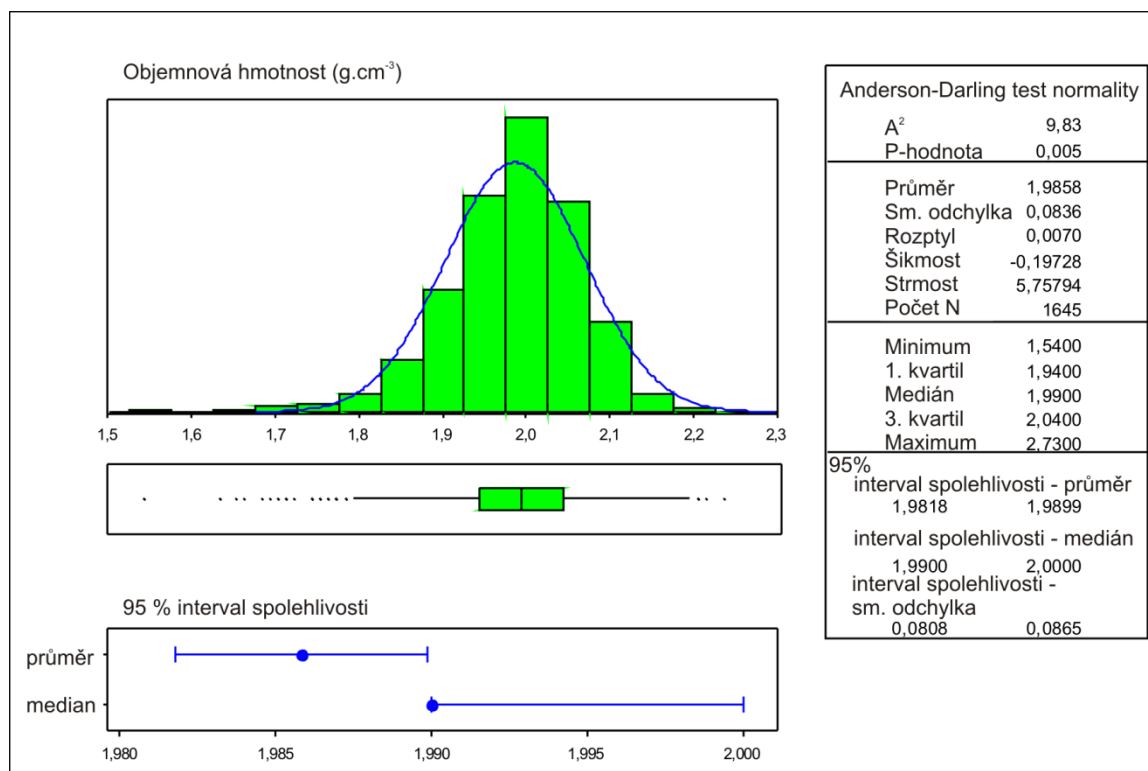
Pro všechny výše uvedené soubory dat, které představují vlastnosti v jednotlivých třídách základových půd a dále v jednotlivých genetických typech a inženýrsko-geologických rajonech, se uskutečnila etapa v podobě **statistického zpracování dat** zaznamenaných v databázi v aplikaci Minitab a Microsoft Office Excel (obr. 14).



Obrázek 14 Diagram statistického vyhodnocení souborů dat

Jednotlivé skupiny dat základových půd byly nejprve statisticky vyhodnoceny v aplikaci Minitab 15, kde bylo ověření normálního rozdělení souboru provedeno použitím Anderson-Darling testu normality v kombinaci s histogramy. Na příkladu vyhodnocení objemové hmotnosti základové půdy třídy F6 (obr. 15) je patrné, že hodnota testu A^2 je větší než kritická hodnota 0,05 pro $N = 1645$ (1) a P - hodnota je menší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$, histogram relativní četnosti a křivka hustotní funkce normálního rozdělení má podobný průběh, takže je možné považovat rozdělení za shodná, tudíž je rozdělení normální (Gaussovo) a data jsou vhodná k dalšímu statistickému zpracování za níže uvedených podmínek.

$$r_k = \left[\frac{F_k}{(N-2-F_k)} \right]^{1/2} \quad (1)$$



Obrázek 15 Příklad statistického vyhodnocení objemové hmotnosti třídy základové půdy třídy F6 v aplikaci MINITAB (Minitab, 2007)

Odlehle hodnoty byly vyloučeny stanovením hodnot ležících mimo dolní vnitřní hradbu DVH (2) a horní vnitřní hradbu HVH souboru (3) (Pavlík, 2005), kde je Q_1 první kvartil a Q_3 třetí kvartil.

$$DVH = Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (2)$$

$$HVH = Q_1 + 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (3)$$

S použitím statistických charakteristik byly vytvořeny grafy intervalů hodnot v jednotlivých třídách, popř. hodnoty vlastností podle původu tříd nebo inženýrsko-geologických rajonů, pro vlastnosti zemin s vyznačením mediánu, což je 50% kvantil dělící hodnoty veličiny na dvě stejně početné části, neovlivněný extrémními hodnotami a více vypovídající o charakteru souboru a rozložení hodnot než průměrná hodnota vlastností.

Pro získání představy o možných souvislostech mezi různými vlastnostmi byly použity **regresní a korelační analýzy**, které slouží k detailnímu pochopení závislostí mezi dvěma nebo více vlastnostmi. Hodnoty vlastností zobrazené bodovým grafem byly proloženy regresní přímkou nebo křivkou, která se nejčastěji definuje metodou nejmenších

čtverců. Vhodnost vybraného modelu regresní funkce určuje reziduální směrodatná odchylka, resp. reziduální rozptyl, udávající, jak blízko je regresní funkce od daných hodnot. Míru závislosti vystihuje koeficient determinace vyjadřující, jak těsně data přiléhají ke křivce, podle něhož se dále hodnotí aplikovatelnost zjištěných závislostí (tab. 5).

Tabulka 5 Stupně těsnosti podle koeficientu determinace R^2 (Anděl, 2007)

koeficient determinace R^2	těsnost
$R^2 < 0,1$	nízká
$0,1 \leq R^2 < 0,25$	mírná
$0,25 \leq R^2 < 0,5$	význačná
$0,5 \leq R^2 < 0,75$	velká
$R^2 \geq 0,8$	velmi vysoká

Korelační analýza byla provedena pomocí korelační matice, ze které lze zjistit existenci vzájemné závislosti (tab. 6) mezi jednotlivými vlastnostmi zemin, hloubkami odebraných vzorků zemin a obsahy jílovitých částí ($< 0,002$ mm). Vypočtený koeficient korelace, který musí být větší než kritická hodnota r_k (1) na hladině významnosti $\alpha < 0,05$ pro určitý počet hodnot N , ukazuje míru závislosti. Koeficient korelace $\geq 0,8$ znamená silnou závislost – multikolinearitu způsobenou velkým počtem proměnných, která má za následek přikládání větší důležitosti vysvětlující proměnné. Tyto případy není doporučeno považovat za podstatné výstupy analýzy (Anděl, 2007).

Tabulka 6 Stupně závislosti podle koeficientu korelace r (Pavlík, 2005)

koeficient korelace r	závislost
$r < 0,3$	nízká
$0,3 \leq r < 0,5$	mírná
$0,5 \leq r < 0,7$	význačná
$0,7 \leq r < 0,9$	velká
$r \geq 0,9$	velmi vysoká

U vlastností základových půd jsou silné závislosti ověřeny podle obecných zákonitostí mechaniky zemin a ponechány jako oprávněné. Například koeficient korelace je 0,87 u vlhkosti a pórovitosti třídy F6. Je zřejmé, že pokud má zemina více pórů, je větší i obsah vody, takže tento výstup je relevantní, přestože proměnných je 2791. Podobně je tomu u objemové hmotnosti a pórovitosti, kde je evidentní vysoká závislost už v teoretické rovině. Pokud má zemina méně pórů, popř. i nižší vlhkost, tím více jsou v zemině pevné částice a tím i vyšší objemová hmotnost.

Všechny statistické rozborů se realizovaly po vyhodnocení množství vzorků, tzn. podle počtů vzorků, na kterých byly prováděny geotechnické zkoušky, v souvislosti s plošným rozšířením, a po uvážení reprezentativnosti možné analýzy. **Vhodné soubory** hodnot, u kterých lze aplikovat statistické metody a střední hodnoty vyjádřit mediánem, jsou takové, kde je četnost dat větší než 15, protože stupeň ověření je spolehlivější a jsou relevantnější vzhledem k souborům, které obsahují větší počet vyhodnocených parametrů. V opačném případě dochází k většímu rozpětí, u kterého nelze nebo lze nepřesně vyloučit odlehlé nebo extrémní hodnoty statistickou analýzou a také se neodhalí možné chyby. Tzv. **orientační hodnoty** jsou soubory dat, které mají po statistických analýzách 10 – 15 hodnot, ale jsou vhodné pro porovnání s početnějšími skupinami dat. Například číselná řada 15 hodnot edometrického modulu třídy F3:

0,83 2,54 6,09 7,75 7,79 7,9 8,18 8,25 8,81 9,21 13,9 15,86 17,3 27,87.

HVH = 25,545 a DVH = -2,895, tudíž je interval hodnot $E_{oed} = 0,83 - 17,3$ MPa, ale i hodnoty 0,83 a 2,54 jsou zjevně odlehlé a u hodnot 13,9 a větších je toto tvrzení sporné. Číslo 15 bylo zvoleno na základě vyhodnocování dat z databáze s přihlédnutím na vytvořené soubory vzhledem k potřebě srovnávání daných parametrů.

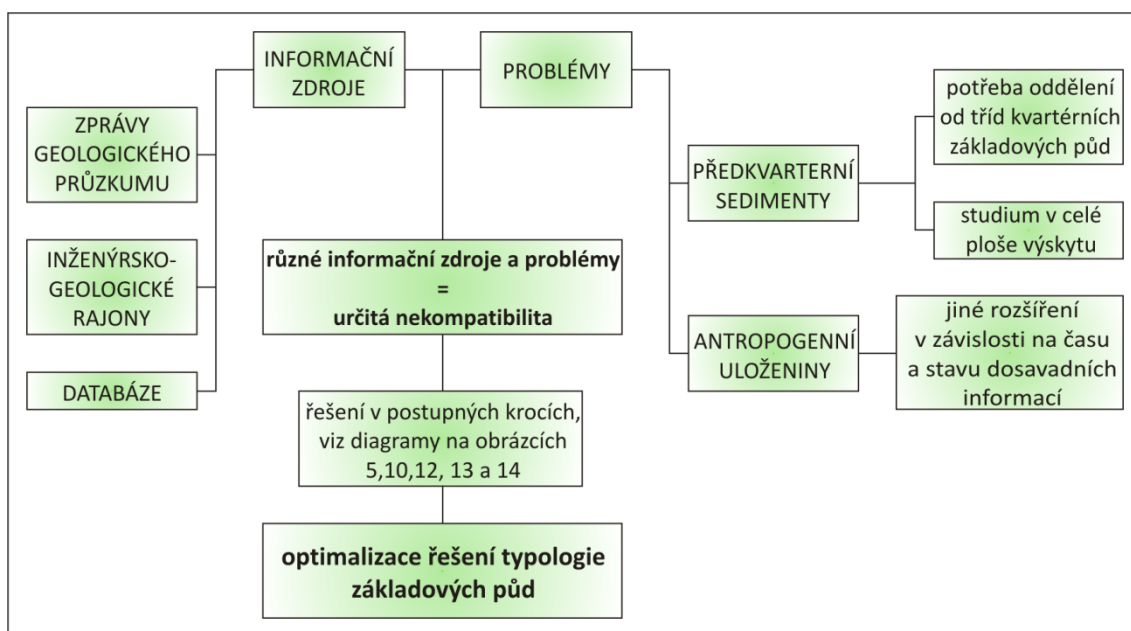
Je nutné si uvědomit možnost vzniku chyb, a to především hrubých, které lze ale jednoduše vyloučit. Tento typ chyb se může objevit v záznamu výsledků laboratorních analýz v závěrečných zprávách nebo v databázi při opisu dat. Nahodilé chyby mohou být způsobeny od počátku už při geologické dokumentaci, kdy je petrografický popis a určený genetický typ zemin závislý na znalosti geologických poměrů a zkušenosti geologa. S ohledem na množství zpracovaných zpráv průzkumů různých firem a na doporučení provádět analýzy vzorků základových půd podle státních norem lze předpokládat, že soustavné chyby metody nebo vyhodnocení způsobené stejnou příčinou by byly evidentní.

3.6. Metodika vytvoření typologie základových půd

Výše popsané podkapitoly představují všechny kroky potřebné k vytvoření typologie inženýrskogeologických charakteristik základových půd Ostravské pánve včetně místních charakteristik. Na základě toho, že v průběhu řešení této problematiky vyvstaly také případy vyžadující specifické řešení, vznikla optimalizace postupu, která na ně upozorňuje a shrnuje nejdůležitější poznatky (obr. 16). Problémy se objevovaly už

v průběhu sběru dat, kdy se upravovala databáze, a následně i při vyhodnocování. Je potřeba uvědomit si prvotní překážky a postupně je odbourávat adekvátním přizpůsobeným řešením. Jedním z řešení je například sjednocení tříd základových půd (viz kapitola 3.2. Klasifikace zemin). Dalším problémem se ukázaly specifické skupiny základových půd, jimiž jsou antropogenní sedimenty nebo podložní sedimenty kvarterních uloženin, které jsou uvedeny v podrajonech jako skalní podklad. Problémem inženýrskogeologických map je skutečnost, že na rozdíl od předkvarterního podkladu mají kvarterní sedimenty specifikovány třídy základových půd, které jsou v poznámkách k těmto mapám. Tzn., že disertací zpracované charakteristiky tohoto podkladu je vhodným způsobem doplňují. Další výhodou takového řešení práce je, že poskytuje informace o předkvarterním podkladu v celé ploše, protože v mapách inženýrskogeologického rajonování je pouze orientační generalizovaná hloubka a výskyt tohoto podkladu bez stratigrafického zařazení.

Určitou nekompatibilitu představují výše uvedené problémy společně s různými informačními zdroji. Ty mohou představovat především závěrečné zprávy geologických průzkumů přístupné v ČGS – Geofondu nebo ve firmách, inženýrskogeologické rajony, jejichž podoba se s poznatky z praktických zkušeností postupem času zpřesňuje, a databáze tvořená především pro kompletizaci všech dostupných informací. Tuto relativní neslučitelnost lze pomocí jednotlivých postupných kroků (viz diagramy na obrázcích 5, 10, 12, 13, 14) překonat.



Obrázek 16 Schéma metodiky vytvoření typologie základových půd

4. Vyhodnocení inženýrskogeologických vlastností základových půd Ostravské pánve

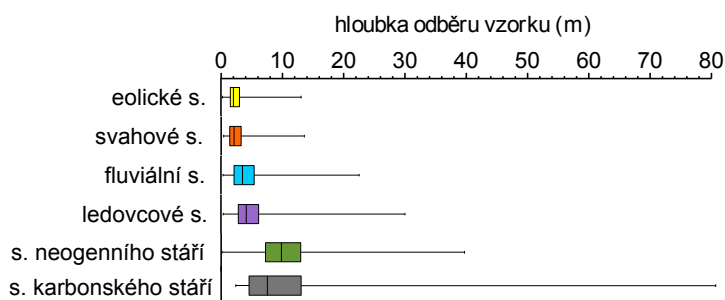
Tato kapitola obsahuje vyhodnocení fyzikálně-mechanických vlastností, které byly vyhodnocovány podle tříd základových půd stanovených normou ČSN 73 1001 (viz kapitola 3.2. Klasifikace zemin). Následně byly tyto charakteristiky základových půd posouzeny v daném zařazení také podle genetických typů kvarterního stáří, kterými jsou fluvialní, ledovcové, svahové, eolické sedimenty a podle stáří předkvarterních uloženin, jimiž jsou neogenní a karbonské sedimenty. Důvodem bylo zjistit, zda třída základových půd daného genetického původu má stejné nebo rozdílné výsledky vlastností jako třída bez rozdělení podle původu. V souvislosti s inženýrskogeologickými rajony byla také vytvořena typologie základových půd v jednotlivých rajonech. V neposlední řadě jsou mechanické parametry porovnány se směrnými normovými charakteristikami podle normy ČSN 73 1001.

Podrobné výsledky statistických analýz fyzikálních a mechanických vlastností tříd základových půd jsou v příloze E, s rozdělením podle genetických typů v příloze F1 – F6 včetně grafického vyjádření v příloze G1 – G13 a v rajonech v příloze L1 – L8.

4.1. Jemnozrnné základové půdy

Dominantní skupinou v zájmové oblasti i ve všech genetických typech jsou **jemnozrnné zeminy**, přesněji jíly (64,1 % ze všech studovaných vzorků) a hlíny, které zaujmají pouze 6,7 %. Z širšího pohledu představují tyto zeminy **základové půdy méně vhodné** než hrubozrnné zeminy, protože všeobecně platí, že vlivem vyššího obsahu (> 35 %) jílovitých a prachovitých částic se snižuje únosnost a zvyšuje stlačitelnost. Navíc je jejich chování ovlivňováno obsahem vody, což může způsobovat nežádoucí jevy, jako je vyšší namrzavost, smrštitelnost (vysychání), bobtnavost, rozbídnutí nebo také prosedavost (Pašek, Matula, 1995), která je typická především pro zeminy eolického původu tvořené z 90 % jíly s nízkou až velmi vysokou plasticitou. U jílu v zájmovém území nebyla zjištěna **prosedavost**, protože nebyly splněny podmínky, že obsah prachové složky je větší než 60 %, obsah jílovité složky větší než 15 %, $S_r < 0,7$ a $w_L < 32$ %. Zeminy nejsou ani **náchylné k prosedavosti**, což by indikovala $n > 40$ % a $w < 13$ % (podle ČSN 73 1001).

Dalším faktorem, kterým se práce zabývá, je **hloubka uložení** jednotlivých genetických typů. Při zakládání objektů se podle navrhovaného projektu a druhu stavby můžeme ocitnout v různé hloubce. Proto je důležité mít základní regionální přehled o geologickém prostředí. Specifickým příkladem jsou sedimenty neogenního stáří. Přestože mohou dosahovat až na povrch, průměrná hloubka je 9,85 m (graf 3). S rozvojem městské zástavby vyvstává nutnost zakládání ve větších hloubkách, které často dosahují předkvartérního podkladu neogenního stáří z 92 % zastoupeného třídou F8 (CH, CV, CE) a F6 (CL, CI). Geotechnické vlastnosti těchto neogenních zemin nejsou doposud dobře prozkoumány. Jílovité zeminy převládají naprostou většinou i u ostatních genetických typů. Z grafu 3 je dále patrné, že se svahové sedimenty nacházejí v průměrné hloubce 2 m a eolické sedimenty v hloubce 2,1 m. Fluviální základové půdy dosahují průměrné hloubky 3,5 m a ledovcové do 4,1 m. Sedimenty karbonského stáří byly zastiženy v průměrné hloubce 5,5 m. V hloubce větší než 30 m se vyskytuje 5,5 % vzorků náležících do karbonu.



Graf 3 Hloubka odběru studovaných vzorků zemin různých genetických typů a stáří

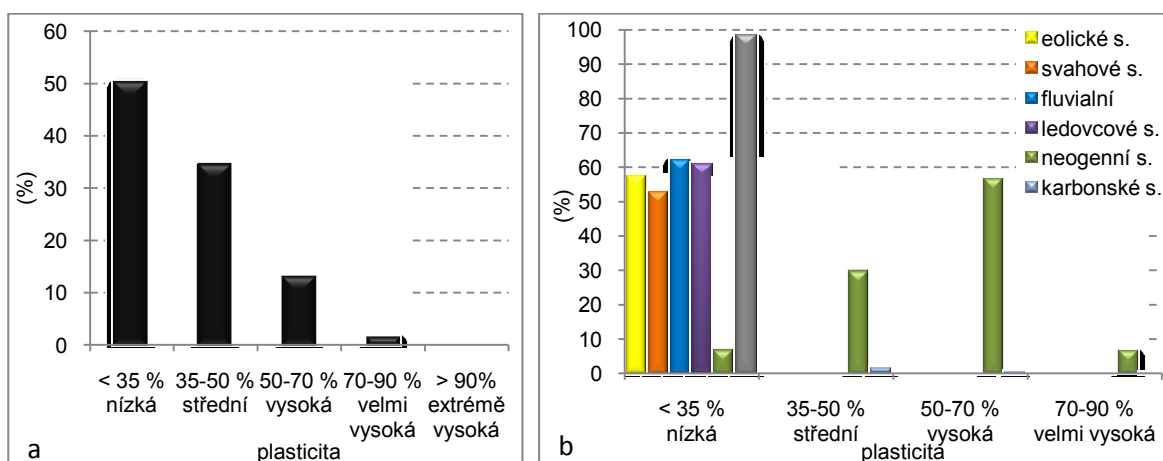
4.1.1. Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti vyjadřují stav zemin prostřednictvím parametrů hmotnosti, obsahu vody, objemu pevných částic a pórů nebo plasticity. Tyto vlastnosti byly stanoveny u různých počtů jemnozrnných zemin, kde opět převažují třídy jílu a písčité jíly (tab. 2, kapitola 3.2. Klasifikace zemin).

Plasticita je jednou z popisných charakteristik zemin, ale je také důležitá pro klasifikaci základových půd, podle níž se rozdělují zeminy na jíly a hlíny, a upřesňuje stav, ve kterém je zemina plastická, což má následně vliv na mechanické vlastnosti. Nová evropská norma ve své první části (ČSN EN ISO 14688-1) uvádí stupeň nízké a vysoké plasticity pro popsání zeminy v terénu podle jejího chování. V druhé části (ČSN EN ISO 14688-2) po stanovení konzistenčních mezí laboratorními zkouškami vymezuje 4 stupně

plasticity: neplastický, nízký, střední a vysoký, ale nedefinuje jejich obory hodnot. V normě ČSN 73 1001 je vymezeno 5 stupňů plasticity podle meze tekutosti w_L (viz kapitola 3.2. Klasifikace zemin, str. 38). Pro srovnání, klasifikace USCS (ASTM D2487) stanovuje dva stupně plasticity: vysoká $w_L > 50 \%$ a nízká $w_L < 50 \%$. Za účelem podrobněji charakterizovat vlastnosti základových půd z hlediska vhodnosti pro zakládání staveb je zvolený popis zemin podle plasticity přejat z normy ČSN 73 1001.

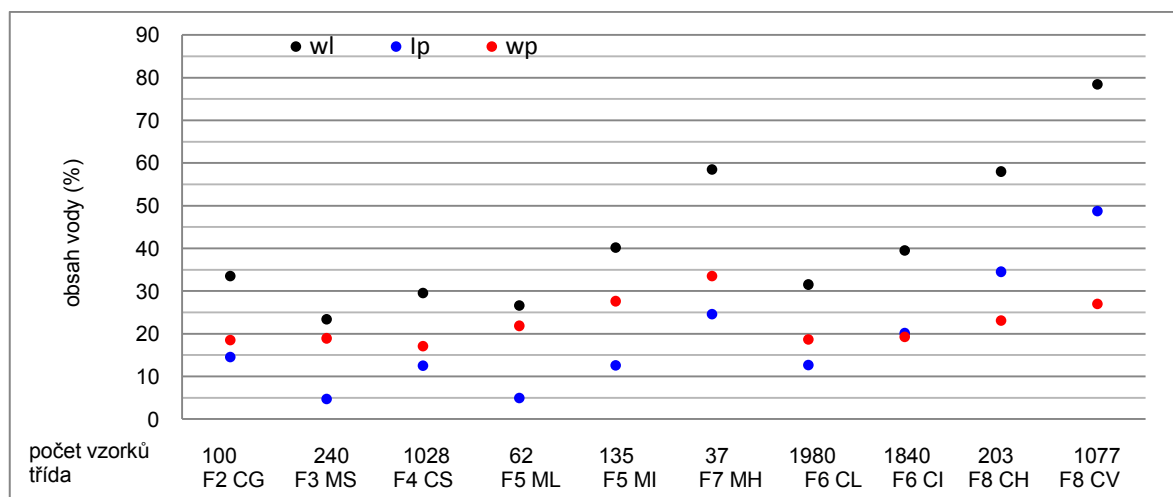
Podle **meze tekutosti** je 50,3 % ze všech studovaných vzorků jemnozrnných zemin nízce plastických, 34,6 % středně plastických, 13,3 % vysoce plastických a 1,8 % velmi vysoce plastických (graf 4a). Extrémně vysoká plasticita se vyskytuje zanedbatelně (0,2 %). V grafu 4b jsou zeminy rozděleny do jednotlivých stupňů plasticity podle původu. Neogenní základové půdy jsou převážně vysoce plastické. Nízká a střední plasticita dominuje u kvarterních a karbonských základových půd. Velmi vysoká plasticita byla zjištěna u 6,9 % neogenních, u 5,2 % svahových a u 1,5 % ledovcových zemin.



Graf 4 a) Zastoupení jemnozrnných zemin ve stupních plasticity, b) zastoupení jemnozrnných zemin různých genetických typů ve stupních plasticity

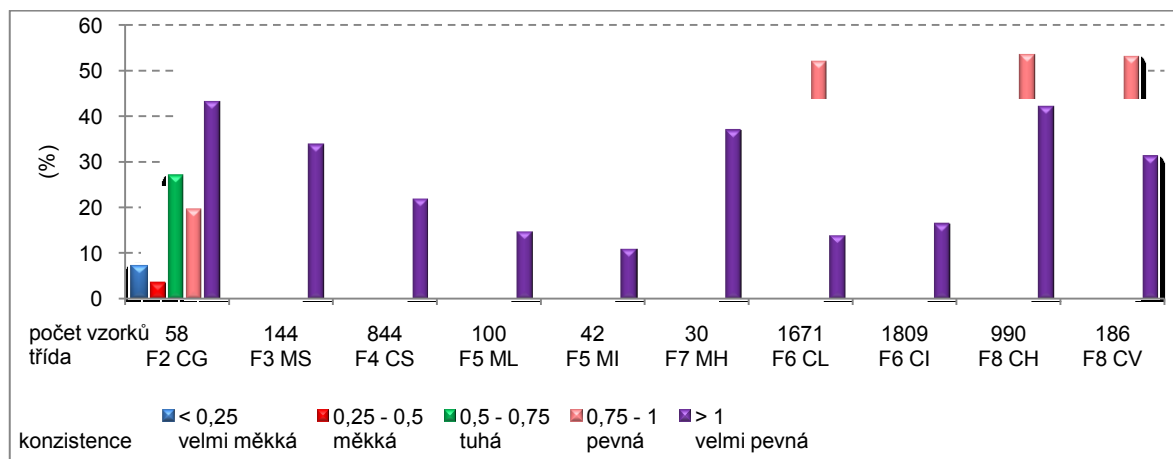
Index plasticity vyjadřuje rozsah vlhkosti podle vztahu $I_p = w_L - w_p$ (Šimek et al. 1990), ve kterém je zemina plastická. U třídy F8 CV dosahuje maxima až 63 % a u třídy F8 CH 48,5 % (viz příloha E). Vyšší hodnoty třídy F8 (CH, CV) se vyskytují u zemin svahového a ledovcového původu (příloha F3, F4). Z grafu 5 je patrné, že písčité hlíny (F3 MS) a nízce plastické hlíny (F5 ML) mají nejnižší hodnoty indexu plasticity. Hlíny jsou eolického a fluvialního původu (příloha F1, F2, G7) a jsou náchylnější k objemovým změnám, protože rozpětí (I_p) mezi mezí plasticity a mezí tekutostí je v porovnání s ostatními malé. Zemina se jednodušeji stane neplastickou či rozpadavou nebo tekutou až rozbředavou překročením mezí, což není žádoucí pro zakládání staveb. Naopak vysoce a

velmi vysoce plastické jemnozrnné zeminy třídy (F8 CV, CH) a F7 (MH) mají větší schopnost pojímat vodu a být ve stavu plasticity. Hodnoty indexu plasticity eolických jíílů třídy F6 (CL, CI) v zájmové oblasti dosahují nižších hodnot 3,7 – 28,5 % (příloha F1, G7) než spráše stejné třídy z oblasti Kolína, jež se pohybují v rozmezí 6 – 45 % (Lochmann, 2001).



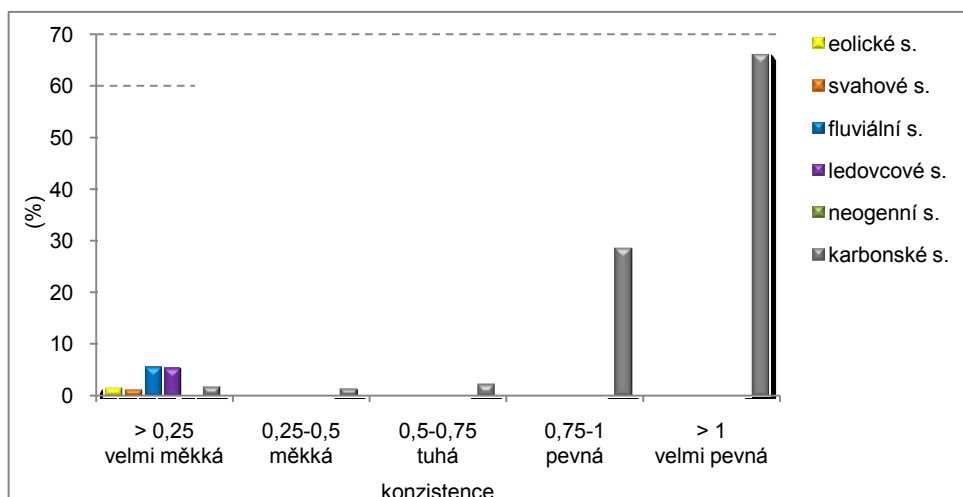
Graf 5 Atterbergovy meze a index plasticity tříd základových půd

Další veličinou související s obsahem vlhkosti je **index konzistence**. Vhodné základové půdy jsou pevnější konzistence (ČSN EN ISO 14688-2). Pevná konzistence byla stanovena u 44 % z celkového počtu vzorků jemnozrnných zemin. Pouze malý podíl základových půd má měkkou konzistenci 8,2 % a velmi měkkou 4,1 % (graf 6). Jíly třídy F8 (CH, CV) mají konzistenci převážně pevnou až velmi pevnou a třídy F6 (CL, CI) nejméně pevnou konzistenci, méně tuhou a velmi pevnou, což je podobné u písčitých jíílů. Hlíny třídy F7 (MH) jsou nejčastěji pevné až velmi pevné konzistence a třídy F5 (ML, MI) tuhé. Písčité hlíny jsou podobné jako štěrkovité především velmi pevné (příloha E).



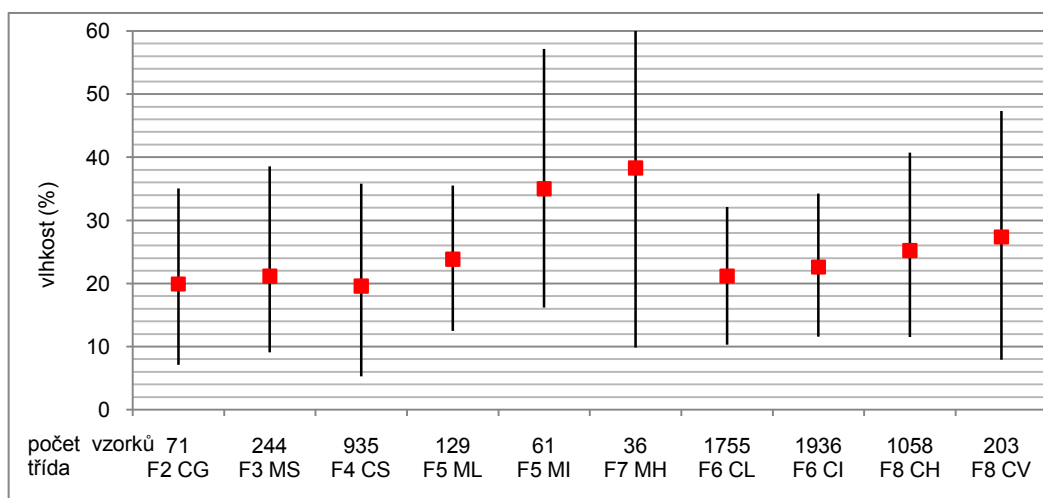
Graf 6 Četnost jemnozrnných zemin ve stupních konzistence

Z pohledu geneze převládá pevná konzistence, jejíž podíl je 54,5 % u eolických základových půd, 47 % u svahových, 38 % u fluválních, 42 % u ledovcových a 49,5 % u neogenních (graf 7). Výjimkou jsou karbonské základové půdy, které jsou z 66 % velmi pevné. Dále se vyskytuje tuhá a velmi pevná konzistence a nejméně velmi měkká (příloha G8).



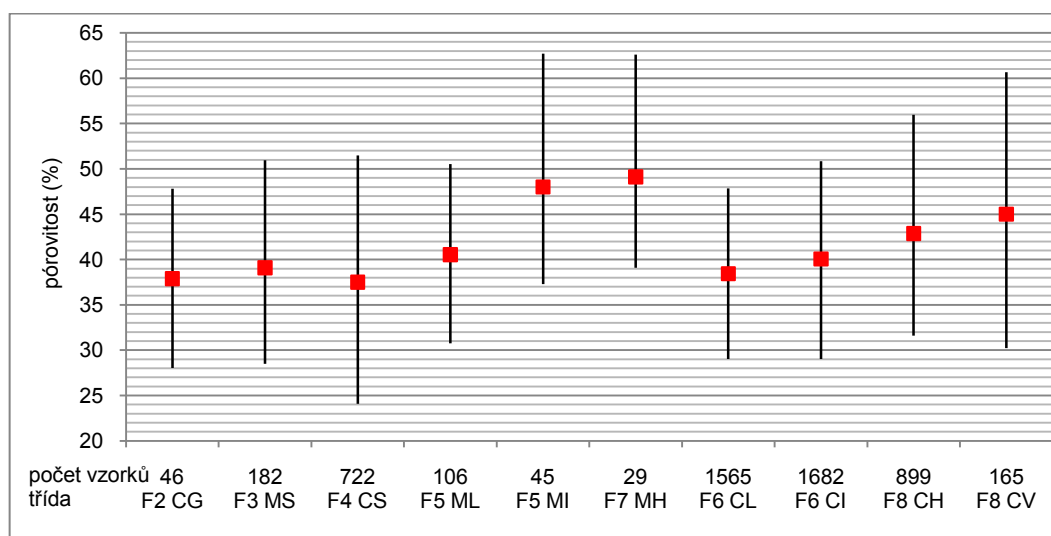
Graf 7 Četnost jemnozrnných zemin různých genetických typů ve stupních konzistence

Vhodnější základové půdy jsou v porovnání takové, které mají nižší objem vody a pórů, čemuž vyhovují zeminy třídy F2 (CG), F3 (MS), F4 (CS) a F6 (CL, CI). Jejich hodnoty **vlhkosti** dosahují minim 5,3 – 11,6 %, maxim 32,12 – 38,6 % a střední hodnota je 21,38 % (graf 8, příloha E). Tyto třídy základových půd mají pórovitost se střední hodnotou v rozmezí 37,5 – 40 % (graf 9, příloha E).



Graf 8 Vlhkost jemnozrnných zemin

Vyšší hodnoty **pórovitosti** vykazují hlíny F5 (ML) a jíly F6 (CL, CI) a F8 (CV, CH) fluvialního původu s maximy až 60,73 % (příloha F2, G9). Hlíny třídy F7 (MH, MV) dosahují maximální pórovitosti 73,3 %, nicméně je zde nutno brát ohled na počet vzorků fluvialního původu v této třídě. Karbonské základové půdy mají u třídy F4 (CS) a F8 (CV, CH) nižší vlhkost a pórovitost na rozdíl od kvarterních a neogenních základových půd (příloha F6, G1, G9). Vlhkost sprašů třídy F6 (CL, CI) v okolí Kolína je v rozsahu 8,3 – 32,3 % a pórovitost 30,3 – 49,3 % (Lochmann, 2001), v zájmovém území jde o podobné hodnoty vlhkosti 12,9 – 29,7 % a pórovitosti 29,3 – 46,9 % (příloha F1, G9).

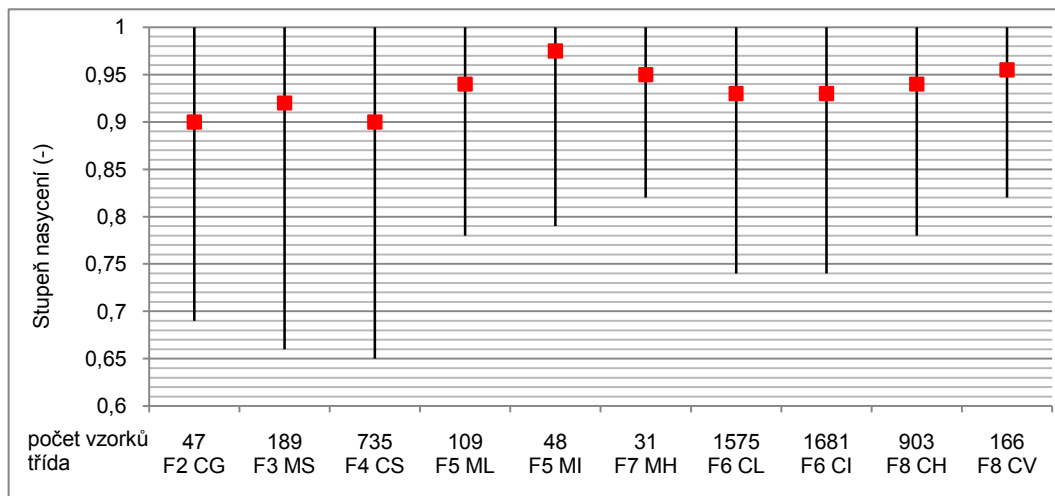


Graf 9 Pórovitost jemnozrnných zemin

J. Pašek et al. (1995) uvádí orientační hodnoty pórovitosti pro jíly 46 – 55 %, pro jílovité zeminy 40 – 48 % a pro hlíny 36 – 44 %. Pokud sloučíme třídy základových půd F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV) a budeme je považovat za jíly (jílovité zeminy), je jejich interval pórovitosti 29 – 60,7 %. Jejich střední hodnoty 38,4 – 45 % se téměř shodují s intervalem jemnozrnných zemin podle Paška et al. (1995). Pórovitost hlín tříd F5 (ML, MI) a F7 (MH, MV, ME) je v rozmezí 30,8 – 62,7 % se středními hodnotami 40,5 – 49,1 %, které jsou v porovnání vyšší.

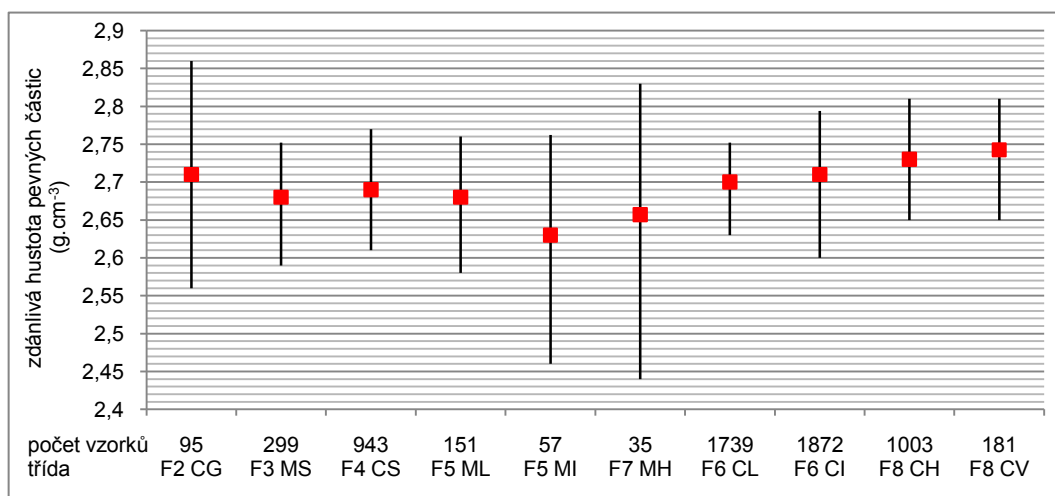
Rozdíly ve středních hodnotách **stupně nasycení** jsou nepatrné (graf 10). U tříd s podílem hrubozrnných zemin F2 (CG), F3 (MS) a F4 (CS) jsou minimální hodnoty od 0,65 do 0,69 (příloha E). Všechny základové půdy lze považovat za mokré až velmi mokré podle Eichlera J. a Jesenáka J. (in Šimek et al., 1990). Jednotlivé třídy základových půd mají téměř shodné intervaly a střední hodnoty stupně nasycení ve všech genetických typech (příloha F1 – F6, G10). V porovnání s hodnotami stupně nasycení 0,27 – 1,16

uváděnými Z. Lochmannem (2001) jsou hodnoty studovaných eolických základových půd třídy F6 (CL, CI) znatelně vyšší 0,7 – 1 (příloha F1, G10).



Graf 10 Stupeň nasycení jemnozrnných zemin

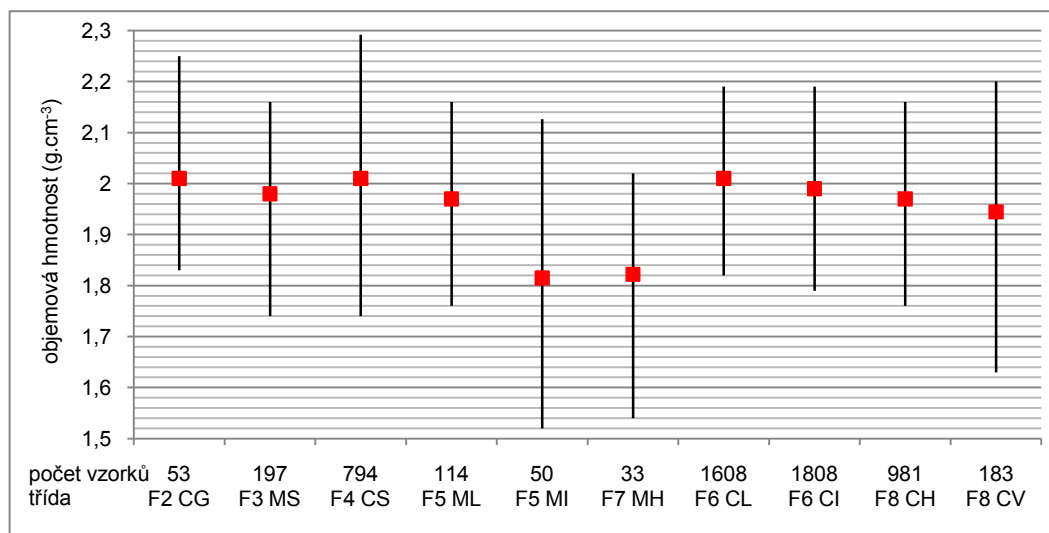
Zdánlivá hustota pevných částic jílu F6 (CL, CI) a F8 (CV, CH) se nachází v rozmezí $2,6 - 2,81 \text{ g.cm}^{-3}$ se střední hodnotou $2,72 \text{ g.cm}^{-3}$ (graf 11, příloha E). J. Pašek et al. (1995) uvádí hodnotu pro jíl $2,75 \text{ g.cm}^{-3}$, podobně jako M. E. Kolonski (2011) interval $2,7 - 2,8 \text{ g.cm}^{-3}$. Z grafu 11 je zjevné, že hlíny mají hodnoty variabilnější, zejména třídy F5 (MI) a F7 (MH). Jejich nízké hodnoty byly zjištěny u zemin fluvialního původu (příloha F2, G2). Z jemnozrnných základových půd s podílem hrubozrnných částic F2 (CG), F3 (MS) a F4 (CS) má písčité jíl F4 (CS) nejvyšší variabilitu $2,56 - 2,86 \text{ g.cm}^{-3}$. Střední hodnoty těchto zemin se blíží zdánlivé hustotě pevných částic písčitých hlín $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ podle J. Paška et al. (1995).



Graf 11 Zdánlivá hustota pevných částic jemnozrnných zemin

Hodnoty zdánlivé hustoty pevných částic v jednotlivých genetických typech se výrazně nemění (příloha F1 – F6, G2), což platí i pro třídu F6 (CL, CI) eolického původu v zájmové oblasti, která má obdobné hodnoty $2,64 - 2,76 \text{ g.cm}^{-3}$ (příloha F1) jako spráše z oblasti Kolína $2,645 - 2,75 \text{ g.cm}^{-3}$ (Lochmann, 2001).

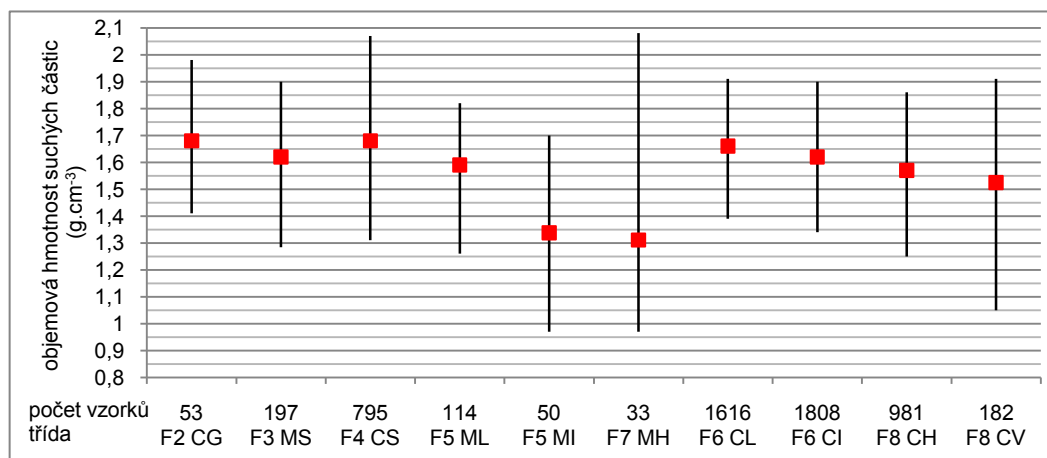
Hodnoty **objemové hmotnosti** jílovitých základových půd třídy F6 (CL, CI) jsou v intervalu $1,79 - 2,2 \text{ g.cm}^{-3}$, jíly s velmi vysokou plasticitou F8 (CV) dosahují minimálních hodnot $1,63 \text{ g.cm}^{-3}$ a jíly s vysokou plasticitou F8 (CH) $1,76 \text{ g.cm}^{-3}$ (graf 12, příloha E). Tyto nízké hodnoty jílu F8 (CH, CV) byly zaznamenány u základových půd eolického, fluvialního a svahového typu (příloha F1, F2, F4, G3). Jíly a hlíny s podílem hrubozrnné frakce mají shodnou objemovou hmotnost se střední hodnotou 2 g.cm^{-3} . Hlíny F5 (MI) a F7 (MH) s větší variabilitou a nižšími hodnotami jsou fluvialního typu. Podle J. Paška et al. (1995) mají jíly objemovou hmotnost mezi $2,1$ a $2,2 \text{ g.cm}^{-3}$ a prachovité hlíny $1,9 - 2,1 \text{ g.cm}^{-3}$, čemuž stanovené hodnoty na studovaných vzorcích základových půd neodpovídají ani ve středních hodnotách. Spráše F6 (CL, CI) z oblasti Kolína mají odlišný interval hodnot $1,58 - 2,21 \text{ g.cm}^{-3}$ (Lochmann, 2001) než eolické základové půdy třídy F6 (CL, CI) v zájmové oblasti $1,96 - 2,07 \text{ g.cm}^{-3}$ (příloha F1, G3).



Graf 12 Objemová hmotnost jemnozrnných zemin

Z grafu 13 je zřejmé, že hlinité základové půdy mají nižší hodnoty **objemové hmotnosti suchých částic**. Střední hodnota šterkovitých F2 (CG) a písčitých jílu F4 (CS) je $1,68 \text{ g.cm}^{-3}$ (graf 13, příloha E). U třídy F5 (MI) a F7 (MH) dosahují minima až $0,92 \text{ g.cm}^{-3}$ a rozpětí je značně variabilní. Hodnoty jílu třídy F6 (CL, CI) se pohybují od

1,35 g.cm⁻³ do 1,9 g.cm⁻³. Nižší hodnoty nejen u hlinitých zemin vykazují fluvialní základové půdy (příloha F2, G4).



Graf 13 Objemová hmotnost suchých částic jemnozrnných zemin

Výsledkem této podkapitoly je souhrnný přehled zjištěných místních charakteristik základových půd uvedený v tabulce 7. Protože některé intervaly hodnot vykazují větší variability, jak je výše popsáno, jsou přínosem především střední hodnoty jednotlivých vlastností uvedené v závorce.

Tabulka 7 Místní fyzikální charakteristiky jemnozrnných základových půd se středními hodnotami v závorce

	F2 CG	F3 MS	F4 CS	F5 ML	F5 MI	F6 CL	F6 CI
w (%)	7,1 - 35,05 (19,9)	9,1 - 38,6 (21,15)	5,31 - 35,8 (19,6)	12,5 - 35,5 (23,9)	16,2 - 57,13 (35)	10,3 - 32,1 (21,2)	11,58 - 34,2 (22,6)
ρ _n (g.cm ⁻³)	2,57 - 2,86 (2,71)	2,59 - 2,75 (2,68)	2,61 - 2,77 (2,69)	2,58 - 2,76 (2,68)	2,46 - 2,76 (2,63)	2,63 - 2,75 (2,7)	2,6 - 2,79 (2,71)
ρ _s (g.cm ⁻³)	1,83 - 2,25 (1,98)	1,74 - 2,16 (2,01)	1,74 - 2,29 (2,01)	1,76 - 2,16 (1,97)	1,52 - 2,13 (1,82)	1,82 - 2,19 (2,01)	1,79 - 2,19 (1,99)
ρ _d (g.cm ⁻³)	1,41 - 1,98 (1,68)	1,28 - 1,9 (1,62)	1,31 - 2,07 (1,68)	1,26 - 1,82 (1,59)	0,97 - 1,7 (1,34)	1,36 - 1,91 (1,66)	1,34 - 1,9 (1,62)
w _L (%)	23,5 - 49 (33,5)	15 - 42,5 (23,38)	18,5 - 44,8 (29,53)	17,5 - 34,7 (26,6)	32,05 - 49,5 (40,2)	23 - 39,81 (31,5)	26,75 - 53,5 (39,5)
w _p (%)	13,22 - 24,5 (18,5)	13,05 - 30,6 (18,9)	10,14 - 24,8 (17,1)	15,27 - 28,3 (21,85)	19,8 - 33,85 (27,61)	13 - 24,24 (18,65)	13,21 - 25,8 (19,25)
I _p (%)	7,1 - 30,26 (14,5)	0,24 - 9,08 (4,73)	4,7 - 25,81 (12,5)	0,18 - 8,42 (4,9)	4,1 - 21 (12,58)	4,95 - 20,5 (12,7)	9,2 - 32,52 (20,1)
I _c (-)	0,15 - 1,56 (0,885)	0,01 - 2,48 (0,77)	0,01 - 1,59 (0,81)	0,01 - 1,5 (0,59)	0,01 - 1,2 (0,61)	0,01 - 1,51 (0,79)	0,01 - 0,83 (0,83)
n (%)	28,14 - 47,8 (37,88)	28,5 - 50,95 (39,08)	24,08 - 51,5 (37,5)	30,77 - 50,5 (40,5)	37,28 - 62,7 (48)	29,04 - 47,8 (38,4)	29,03 - 50,9 (40,1)
Sr (-)	0,69 - 1 (0,9)	0,66 - 1 (0,92)	0,65 - 1 (0,9)	0,78 - 1 (0,94)	0,79 - 1 (0,98)	0,74 - 1 (0,93)	0,74 - 1 (0,93)

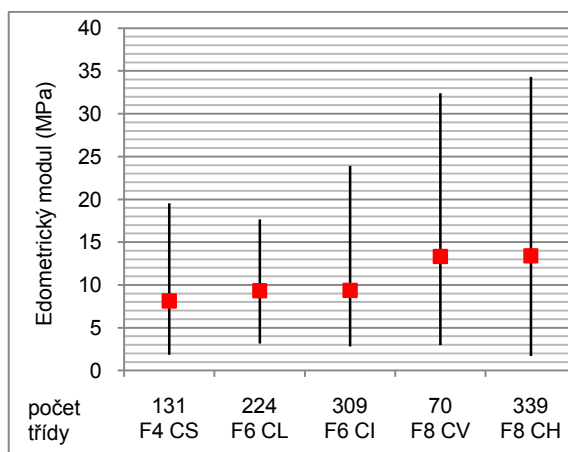
Pokračování tabulky 7 Místní fyzikální charakteristiky jemnozrnných základových půd

	F7 MH	F8 CH	F8 CV
w (%)	9,84 - 61,9 (38,3)	11,5 - 40,7 (25,2)	7,9 - 47,3 (27,4)
ρ_n (g.cm⁻³)	2,44 - 2,83 (2,66)	2,65 - 2,81 (2,73)	2,65 - 2,8 (2,74)
ρ_s (g.cm⁻³)	1,54 - 2,02 (1,82)	1,76 - 2,16 (1,97)	1,63 - 2,2 (1,95)
ρ_d (g.cm⁻³)	0,97 - 2,08 (1,32)	1,25 - 1,86 (1,57)	1,05 - 1,91 (1,53)
w_L (%)	50 - 67,9 (58,5)	40 - 74,64 (58)	60,16 - 92 (75,4)
w_P (%)	29,2 - 40 (33,5)	14,49 - 32,5 (23,1)	16,18 - 35 (27)
I_P (%)	1,97 - 34,7 (24,6)	20,4 - 48,5 (34,5)	36,34 - 63 (48,75)
I_c (-)	0,05 - 1,46 (0,81)	0,49 - 1,36 (0,93)	0,64 - 1,32 (0,98)
n (%)	39,08 - 62,6 (49,1)	31,6 - 55,97 (42,86)	30,21 - 60,7(45)
Sr (-)	0,82 - 1 (0,95)	0,78 - 1 (0,94)	0,82 - 1 (0,955)

4.1.2. Mechanické vlastnosti

K výpočtu sedání plošných základů, časového průběhu sedání, konsolidace násypů, k zjišťování chování zemin při různých zatěžovacích tlacích atd. se používá edometrický modul. Smykové parametry jsou využívány pro výpočty únosnosti, stability svahů zářezů apod. Hodnoty těchto mechanických vlastností byly stanoveny u tříd F4 (CS), F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV). Edometrický modul je naměřen u 16 % vzorků ze všech studovaných, smyková pevnost vyjádřena soudržností a úhlem vnitřního tření byla v efektivních parametrech vyhodnocována u 11 % a v totálních parametrech u 4,8 %. Podrobné výsledky mechanických vlastností tříd základových půd i podle genetického původu jsou v příloze E, F1 – F6 a G11 – G13.

Edometrický modul jílu s vysokou plasticitou (F8 CH) a velmi vysokou plasticitou (F8 CV) je téměř shodný. Střední hodnota je 13,3 MPa v intervalu 3 – 32,4 MPa pro třídu F8 (CV) i v intervalu 1,7 – 34,3 MPa pro třídu F8 (CH) (graf 14, příloha E). Jíly třídy F6 (CL, CI) vykazují edometrický modul ve střední hodnotě 9,3 MPa nižší než jíly s vyšší plasticitou F8 (CV, CH). Přestože základové půdy třídy F4 (CS) by měly mít vyšší hodnoty kvůli vyššímu obsahu písčitých částic a tím by měly být méně stlačitelné, naměřené hodnoty vykazují opak. Rozsah parametru je od 1,9 do 19,6 MPa. Příčinou může být původ sedimentů. Fluviální sedimenty mají nejnižší edometrický modul v porovnání s ostatními (tab. 8). Z celkového pohledu se kvarterní základové půdy pohybují v nižších hodnotách než předkvarterní (příloha F1 – F6, G13).

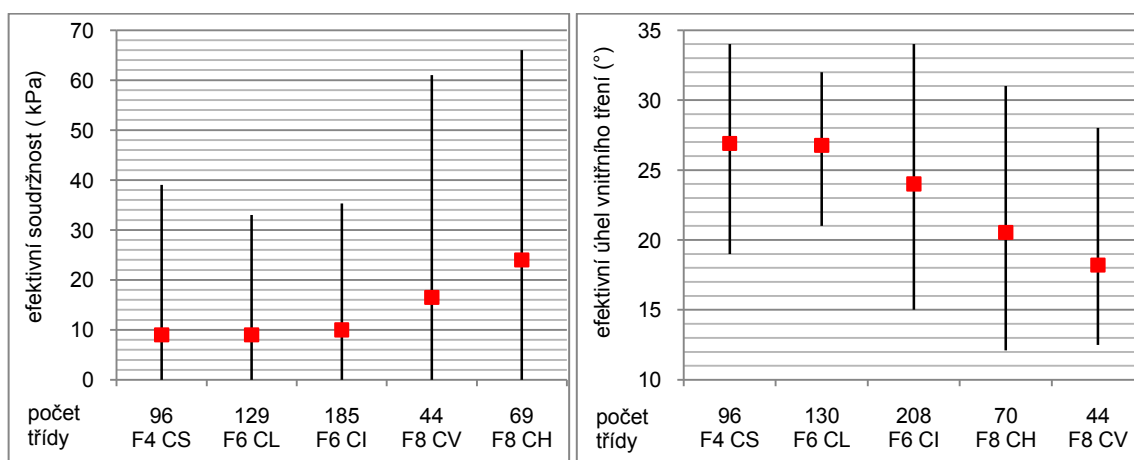


Graf 14 Hodnoty edometrického modulu s vyznačenou střední hodnotou pro dané třídy základových půd

Tabulka 8 Naměřený edometrický modul (MPa) tříd základových půd pro dané genetické typy zemin
(v závorce uvedena střední hodnota)

edometrický modul (MPa)					
třídy	ledovcové	eolické	fluviální	neogenní	karbonské
F4	6,5 - 15,9 (9,2)		1,9 - 14,9 (6,5)	6,4 - 23 (16)	
F6	4,2 - 16,21 (9,4)	4,4 - 18,5 (9,6)	2,8 - 14,9 (7,6)	5,2 - 27,7 (14,4)	10 - 22,8 (17)
F8	5,1 - 24 (10)		2,8 - 13 (6,2)	3 - 38,8 (14,6)	

Hodnoty **efektivní soudržnosti** jílu třídy F4 (CS) v rozmezí 0 – 39 kPa jsou podobné hodnotám jílu s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) s intervalem 0 – 34,1 kPa (graf 15, příloha E). Největší rozsah i nejvyšší střední hodnoty byly zjištěny u jílu s vysokou a velmi vysokou plasticitou (F8 CV, CH). Maxima efektivní soudržnosti u třídy F8 (CH, CV) vykazují základové půdy neogenního stáří (tab. 9), jejich střední hodnota je 19,3 kPa. Fluviální jíly třídy F8 (CH, CV) mají hodnotu výrazně nižší 11 kPa. V ostatních genetických typech nejsou větší rozdíly (příloha F1 – F6, G11).



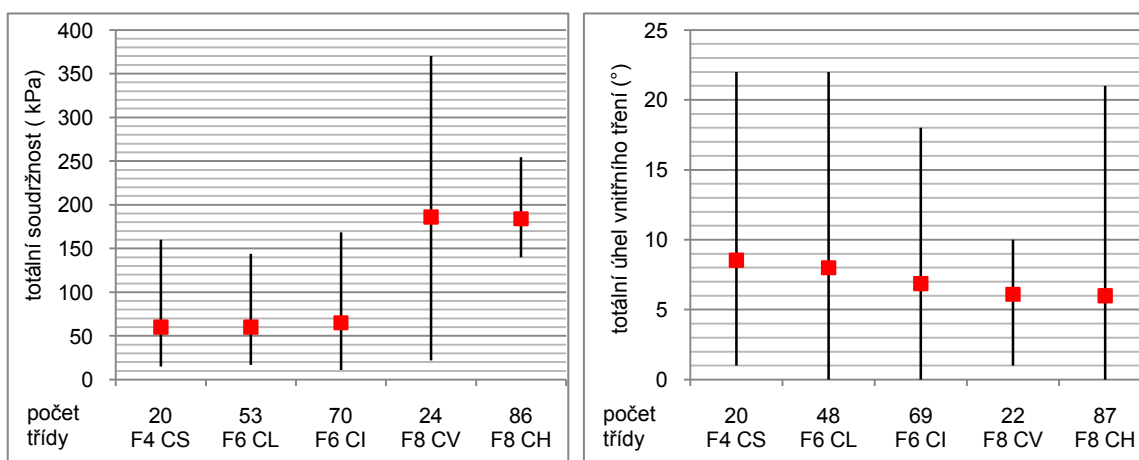
Graf 15 a 16 Hodnoty efektivní soudržnosti a efektivního úhlu vnitřního tření tříd základových půd

Efektivní úhel vnitřního tření vykazuje variabilnější rozpětí u jednotlivých tříd. Hodnoty písčitých jílu F4 (CS) mají hodnoty od 19° do 34°, jíly třídy F6 (CL) jsou v intervalu 21° – 32° a třídy F6 (CI) mezi 15° a 34° (graf 16, příloha E). Jíly třídy F8 (CH) se středními hodnotami 20,5° a 18,2° pro třídu F8 (CV) mají efektivní úhel vnitřního tření nižší než u ostatních tříd. Ve spojení s jejich efektivní soudržností jsou pevnější ve smyku v porovnání s ostatními, což platí i z hlediska různých genetických typů a různého stáří (tab. 9).

Tabulka 9 Naměřené smykové efektivní parametry tříd základových půd pro dané genetické typy zemin
(v závorce uvedena střední hodnota)

efektivní soudržnost (kPa)					efektivní úhel vnitřního tření (°)				
třídy	ledovcové	eolické	fluviální	neogenní	třídy	ledovcové	eolické	fluviální	neogenní
F4	0 - 30 (10)		0 - 38 (9)	0 - 10 (6,6)	F4	19 - 34 (26)		20 - 34 (27,4)	19 - 31,3 (24,5)
F6	0 - 30 (10)	4 - 33 (10)	0 - 33 (10)	0 - 42 (10)	F6	20 - 33 (26)	20 - 30 (26)	18,7 - 34 (26)	12 - 32 (23)
F8	10 - 30 (20)		0 - 35 (11)	0 - 67 (19,3)	F8	16 - 30 (23)		17 - 29 (21)	11 - 30,4 (19,8)

Totální soudržnost jílu s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) je v rozmezí 14 – 156 kPa a u písčitých jílu se pohybuje mezi 15 až 160 kPa (graf 17). **Totální úhel vnitřního tření** je relativně stejný a střední hodnoty se pohybují od 6,8° do 8° u obou tříd F4 (CS) a F6 (CL, CI) (graf 18, příloha E). Vyšší hodnoty soudržnosti vykazují eolické a neogenní sedimenty (tab. 10, příloha G11). Totální parametry smykové pevnosti ukazují vhodnější hodnoty u jílu s velmi vysokou a vysokou plasticitou F8 (CH, CV), kde jsou střední hodnoty téměř shodné – 185 kPa a 6°, ale rozpětí je variabilnější, což je způsobeno rozdílným počtem vzorků, na kterých byly tyto parametry měřeny.



Graf 17 a 18 Hodnoty totální soudržnosti a totálního úhlu vnitřního tření tříd základových půd

*Tabulka 10 Naměřené smykové totální parametry tříd základových půd pro dané genetické typy zemín
(v závorce uvedena střední hodnota)*

totální soudržnost (kPa)					totální úhel vnitřního tření (°)				
třídy	ledovcové	eolické	fluviální	neogenní	třídy	ledovcové	eolické	fluviální	neogenní
F6	19 – 121 (47)	35 - 137 (80)	18 - 121 (48)	17 - 250 (110)	F6	0 - 15 (6,5)	0 - 30 (8)	0 - 26 (7)	0 - 15 (5,7)
F8			22 - 182 (43)	10 - 340 (122)	F8			0 - 10 (5)	0 - 22 (6,7)

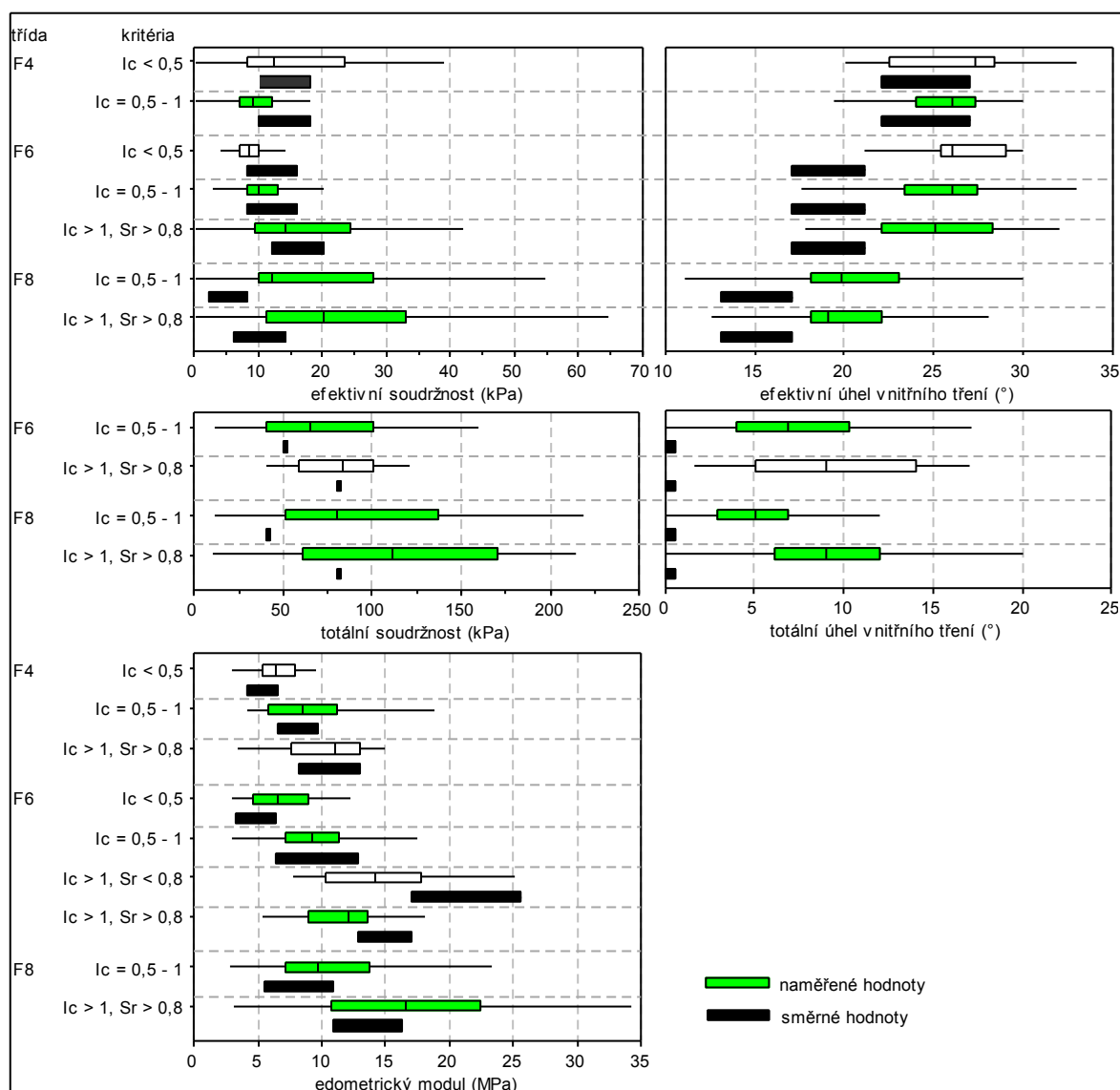
4.1.3. Porovnání naměřených hodnot se směrnými normovými hodnotami

Mechanické vlastnosti se vyšetřují poměrně drahými laboratorními analýzami a často nejsou součástí průzkumu, což dokazuje také malé množství studovaných vzorků s výslednými hodnotami těchto vlastností (viz kapitola 4.1.2. Mechanické vlastnosti). Finanční prostředky pro inženýrskogeologický průzkum a projektování staveb se mohou snížit použitím hodnot, o kterých je známo, že zaručují dostatečný stupeň bezpečnosti. Takovou podmínku splňují směrné normové charakteristiky sestavené odborníky s mnohaletou praxí pro oblast navrhování plošných základů a jsou uvedené v normě ČSN 73 1001, která již není účinná. Jde o vlastnosti vyhovující mezním stavům, které jsou ověřené dlouholetým používáním firem na našem území, nahrazující skutečné parametry především u nenáročných staveb. Protože do nových evropských norem nebyly charakteristiky přijaty alespoň jako národní příloha, jsou stále jediným zdrojem informací a používají se i pro jiné případy zakládání. Norma upřednostňuje použití místních charakteristik pro daný region, které normové hodnoty upřesňují, tzn., že náklady na inženýrskogeologický průzkum mohou být ještě nižší. Tímto se zabýval například F. Vrtek (1998), který vytvořil konkrétnější charakteristiky, výpočtové parametry, bezpečnostní koeficienty atd. z rozsáhlého souboru výsledků laboratorních analýz, nicméně bez publikace či národního doporučení.

Hodnoty mechanických vlastností byly pro toto vyhodnocení rozděleny podle stupně konzistence a stupně nasycení stejně jako v ČSN 73 1001, čímž se počet studovaných vzorků v nově vzniklých skupinách zmenšil. Srovnání proběhlo u **tříd F4, F6 a F8**. Důležitým aspektem pro komparaci je střední hodnota jednotlivých parametrů a interval prvního až třetího kvartilu, protože přesněji odpovídají rozložení dat v jednotlivých souborech, kde je důležité podstatné zastoupení hodnot dané vlastnosti.

Dále mohou být tyto místní charakteristiky, které by mohly nahradit směrné, použity pro metody modelace a pro výpočty parametrů mezních stavů v geotechnických kategoriích.

Základové půdy tuhé konzistence **třídy F4 (CS)** mají efektivní soudržnost 7 – 12 MPa, což jsou nižší hodnoty než směrné charakteristiky tohoto parametru v intervalu 10 – 18 kPa. Efektivní úhel vnitřního tření leží v normovém intervalu 22° – 27°. Střední hodnota edometrického modulu E_{eod} je 8,4 MPa z intervalu 4 – 18,7 MPa. Rozpětí intervalu je variabilnější, nicméně znatelně nepřevyšuje směrné hodnoty, což platí i pro orientační hodnoty třídy F4 měkké a pevné konzistence (obr. 17, příloha H).



Obrázek 17 Grafy porovnání směrných normových a naměřených místních mechanických vlastností s rozdělením podle kritérií ČSN 73 1001

Třída F6 (CL, CI) má vyšší hodnoty efektivního úhlu vnitřního tření tuhé konzistence $23^{\circ} - 27^{\circ}$ a pevné konzistenci se stupněm nasycení větším než 0,8 náleží interval $22^{\circ} - 28^{\circ}$. Normový rozsah je $17^{\circ} - 21^{\circ}$ a v totálním parametru $4^{\circ} - 21^{\circ}$ (obr. 17, příloha H). Efektivní soudržnost je téměř shodná se směrnými charakteristikami. Interval hodnot se pohybuje od 8 do 13 kPa a od 9 do 24 kPa. V případě totální soudržnosti jsou naměřené hodnoty pro tuhou konzistenci vyšší než normové 50 kPa. Edometrický modul měkké konzistence je nepatrně vyšší a u tuhé konzistence téměř shodný s mediánem 9,3 MPa u naměřených i normových parametrů. Trend edometrického modulu je u pevné konzistence třídy F6 (CL, CI) zachován, a to tak, že u stupně nasycení většího než 0,8 je nižší než u stupně nasycení menšího než 0,8, nicméně naměřené hodnoty s mediánem 14,1 MPa (orientační hodnota) a 11,9 MPa jsou nižší než normové 17 – 25,5 MPa a 12,7 – 17 MPa.

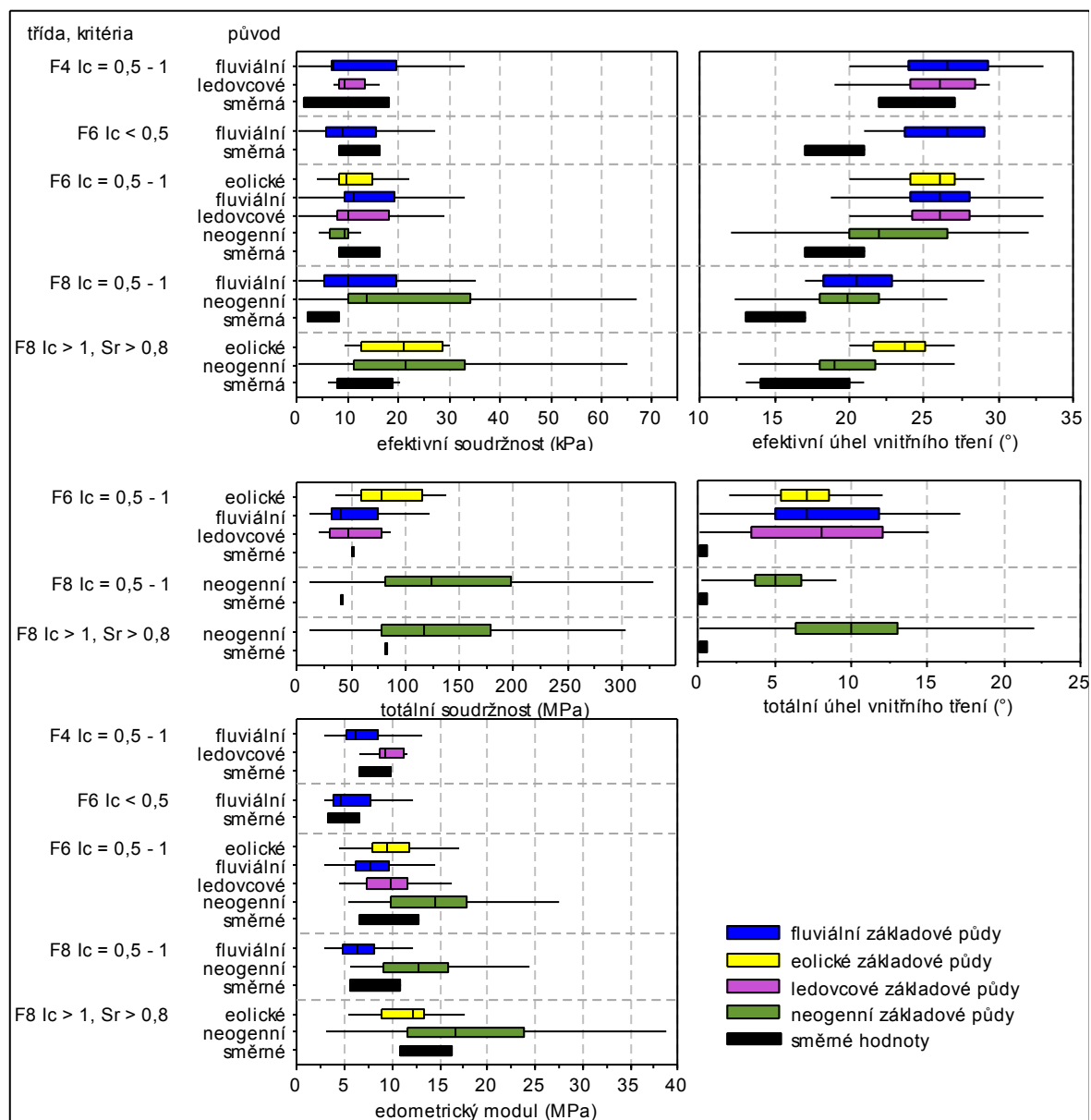
Základové půdy **třídy F8 (CH, CV)** tuhé konzistence mají lepší efektivní a totální smykovou pevnost, než jsou uvedené ve směrných normových charakteristikách, a rovněž je tomu u pevné konzistence se stupněm nasycení $S_r > 0,8$. Větší rozsah hodnot v závislosti na větší četnosti v intervalu edometrického modulu tuhé konzistence 7 – 13,8 MPa a pevné konzistence 10,7 – 22,4 MPa znamená prokazatelně lepší vlastnosti těchto zemin oproti stanoveným směrným hodnotám 5,4 – 10,8 a 10,8 – 16 MPa.

Všechny hodnoty jednotlivých mechanických vlastností tříd základových půd v daných stavech konzistence v porovnání se směrnými charakteristikami jsou uvedeny příloze H.

Pokud se zaměříme na tyto charakteristiky jednotlivě podle genetického typu, kde byly zařazeny pouze vhodné soubory dat, tzn. více než 15 hodnot (viz kapitola 3.4. Statistické vyhodnocení) v každé skupině, je na první pohled zřejmé, že neogenní základové půdy se v určitých případech liší od zemin kvarterního stáří. Fluviální, ledovcové nebo eolické základové půdy vykazují menší nebo téměř žádné rozdíly (obr. 18, tabulka intervalů hodnot charakteristik viz příloha I).

Fluviální základové půdy zastoupeny třídou F4 (CS) tuhé konzistence a F6 (CL, CI) měkké a tuhé konzistence s efektivní a totální soudržností jsou v intervalu směrných charakteristik, kromě třídy F8 (CH, CV) tuhé konzistence, kde jsou hodnoty 5 – 19,5 kPa vyšší než normové 2 – 8 kPa. Efektivní a totální úhel vnitřního tření všech typů

kvarterních základových půd je vyšší než směrné intervaly a srovnatelný mezi jednotlivými genetickými typy navzájem. Pouze třída F4 tuhé konzistence, která má interval hodnot $24^{\circ} - 29^{\circ}$, se blíží směrným charakteristikám s hodnotami $22^{\circ} - 27^{\circ}$ (obr. 18).



Obrázek 18 Grafy porovnání směrných normových a naměřených místních mechanických vlastností jednotlivých genetických typů s rozdělením podle kritérií ČSN 73 1001

Třídy F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV) mají hodnoty edometrického modulu podobné směrným charakteristikám a vůči ostatním genetickým typům se pohybují v nižších hodnotách. Fluviální základové půdy třídy F4 tuhé konzistence se střední hodnotou edometrického modulu 6 MPa v intervalu 5 – 8,5 MPa jsou nižší hodnoty než normové 6,5 – 9,7 MPa.

Ledovcové základové půdy třídy F4 (CS) tuhé konzistence se nacházejí v intervalu normových efektivních parametrů smykové pevnosti. Edometrický modul těchto zemin je vyšší než fluviální a má lepší hodnoty 8,5 – 11 MPa než jsou směrné 6,5 – 9,7 MPa. Třída F6 (CL, CI) tuhé konzistence má efektivní smykové parametry podobné jako fluviální a eolické typy, ale efektivní úhel vnitřního tření je znatelně lepších hodnot 24° – 28° než směrné hodnoty 17° – 21°, což platí i u totálních parametrů. Normový interval edometrického modulu 6,4 – 12,7 MPa zahrnuje naměřené hodnoty 7,2 – 11,5 MPa.

Základové půdy **eolického typu** třídy F6 (CL, CI) tuhé konzistence jsou v parametrech efektivní a totální smykové pevnosti obdobné jako u ostatních typů, jak již bylo výše zmíněno, společně s tím, že efektivní soudržnost leží v intervalu směrných charakteristik a efektivní úhel vnitřního tření s intervalem 24° – 27° a totální úhel vnitřního tření 5,4° – 8,5°, je vyšší než směrný interval pro efektivní parametr 17° – 21° a 0° pro totální parametr. Třída F8 (CH, CV) pevné konzistence se stupněm nasycení větším než 0,8 je srovnatelná v efektivní soudržnosti se základovými půdami neogenního stáří a je vyšší než směrné hodnoty, což platí i u efektivního úhlu vnitřního tření s tím, že neogenní zeminy vykazují horší hodnoty. Edometrický modul v intervalu 8,7 – 13,3 MPa se pohybuje v nižší části intervalu směrných hodnot 10,8 – 16,25 MPa a je nižší než hodnoty neogenních základových půd.

Je možné konstatovat, že základové půdy **neogenního stáří** mají skoro ve všech třídách daných konzistencí lepší vlastnosti, než jsou určeny směrnými normovými charakteristikami (obr. 18). Výjimku tvoří efektivní soudržnost třídy F6 (CL, CI) tuhé konzistence s intervalem 6,3 – 10 kPa, který náleží nižším hodnotám normového intervalu 8 – 16 kPa. V porovnání s kvarterními zeminami mají neogenní základové půdy třídy F6 (CL, CI) horší smykové parametry, naopak lepší edometrický modul.

Naměřené smykové parametry a edometrický modul byly také rozděleny podle **konzistenčních stavů** uváděných v normě ČSN EN ISO 14688-2: konzistence měkká $I_c < 0,5$, tuhá $I_c = 0,5 - 0,75$, pevná $I_c = 0,75 - 1$ a velmi pevná $I_c > 1$. Interval hodnot edometrického modulu, které byly doposud zařazeny v intervalu $I_c = 0,5 - 1$, jsou tímto konkrétnější. Interval pro tuhou konzistenci třídy F6 (CL, CI) je 6,15 – 9,6 MPa a pro pevnou konzistenci 8,04 – 12,1 MPa. Podle dřívějšího rozdělení byl interval

edometrického modulu 7 – 11,2 MPa. Pro smykové parametry není toto zkonkretizování prokázáno. Efektivní soudržnost je u třídy F6 (CL, CI) 8 – 10 kPa a 8 – 17 kPa se stejnou střední hodnotou a podle dřívějšího rozdělení pro tuto třídu tuhé konzistence platí interval 8 – 13 kPa. Obdobně je tomu u tříd F4 (CS) a F8 (CH, CV). Výsledky těchto **místních charakteristik** s rozdělením podle konzistence z technické normy ČSN EN ISO 14688-2 pro třídy F8 (CH, CV), F6 (CL, CI) a F4 (CS) jsou shrnuty v tabulce 11 a jejich grafické vyjádření je v příloze I.

Tabulka 11 Intervaly místních charakteristik v zájmovém území s rozdělením podle konzistence z technické normy ČSN EN ISO 14688-2 se středními hodnotami uvedenými v závorce

třída	parametr	konzistence			
		lc < 0,5	lc = 0,5-0,75	lc = 0,75-1	lc > 1
F4	E _{oed} (MPa)		4,9 - 6,18 (5,68)	6,5 - 11,4 (9,18)	7,98 - 13,6 (10,6)
	c _{ef} (kPa)			7-9,5 (9)	6-20 (8)
	φ _{ef} (°)			26 - 27 (29)	24 - 30,4 (27)
F6	E _{oed} (MPa)	4,59 - 9,2 (7,14)	6,15 - 9,6 (7,25)	8,04 - 12,1 (9,7)	8,98 - 15 (12,19)
	c _{ef} (kPa)	7 – 9,5 (8)	8 - 10 (9)	8 - 17 (10)	9,2 - 24 (14)
	φ _{ef} (°)	22 - 29 (26)	23 - 28 (25,3)	23 - 27 (25,96)	22 - 28,3 (25)
	c _u (kPa)		40 - 110 (63)	40 - 100 (65)	57 - 98 (68)
	φ _u (°)		4,25 - 10,1 (5,05)	4 - 10,77 (7)	6 - 15 (12)
F8	E _{oed} (MPa)		4,63 - 7,1 (5,88)	7,94 - 14,1 (10,2)	10,9 - 22,75 (16,6)
	c _{ef} (kPa)		9 - 26 (11)	10 - 28 (12)	11 - 33 (20)
	φ _{ef} (°)		18 - 21,4 (19,2)	18 - 23 (19,8)	18 - 22 (19)
	c _u (kPa)			60 - 160 (90)	61 - 170 (101)
	φ _u (°)			3 - 6,87 (5)	6,17 - 13 (9,83)

4.1.4. Korelační a regresní analýza vlastností základových půd

Souvislosti mezi výše uvedenými vlastnostmi, hloubkou a obsahem jílovitých částic byly posuzovány **korelační analýzou**. Po porovnání korelačních matic vypočtených pro každou třídu základové půdy a pro dvě skupiny tříd F1 – F4 a F5 – F8 bylo zjištěno, že jsou výsledky existence a míry závislosti velmi podobné. Proto byly pro konečné vyhodnocení korelační analýzy použity tyto dvě skupiny základových půd.

Na základě hloubky odebraného vzorku neboli hloubky uložení ani obsahu jílovitých částic (< 0,002 mm) nelze hodnoty vlastností tříd základových půd **F1 – F4** předpovídat, protože na sobě nejsou nebo jsou pouze nízce závislé (tab. 12). V tomto případě je vhodnější se orientovat výše uvedenými intervaly hodnot nebo jejich středními hodnotami, které jsou v dostatečném rozsahu ověřené. Ostatní korelační vztahy podporují

teorii mechaniky zemin, jako například úzký vztah mezi vlhkostí a pórovitostí nebo objemovou hmotností apod. Závislost je význačná až velmi vysoká mezi vlhkostí, objemovou hmotností, mezi plasticity, stupněm plasticity, indexem konzistence a pórovitostí.

Tabulka 12 Korelační matice fyzikálních vlastností základových půd tříd F1 – F4, hloubky odebraných vzorků a obsahu jílovitých částic

vzorka a obsahů jinových částic												
F1 – F4	h	w	ρ _n	ρ _s	ρ _d	w _L	w _P	I _P	I _C	n	S _r	f
h	1											
w	-0,0339	1										
ρ _n	0,0006	-0,3897	1									
ρ _s	0,0546	-0,7083	0,4178	1								
ρ _d	0,0515	-0,8889	0,4027	0,9217	1							
w _L	-0,0122	0,402	-0,1322	-0,3051	-0,3592	1						
w _P	-0,0163	0,6191	-0,4757	-0,6056	-0,6407	0,4549	1					
I _P	-0,0021	0,0745	0,1412	0,0278	-0,0144	0,8418	-0,0929	1				
I _C	0,02	-0,6416	0,1346	0,3381	0,5412	0,045	-0,0031	0,0498	1			
n	-0,0554	0,8554	-0,1792	-0,8858	-0,9585	0,3574	0,568	0,0546	-0,5414	1		
S _r	0,0051	0,0559	-0,0528	0,1142	0,0413	0,0261	-0,0072	0,0348	-0,0998	-0,0589	1	
f	0,074	-0,0724	0,1976	0,1377	0,1094	0,24	-0,1261	0,3507	0,0587	-0,0749	0,0436	1
závislost	nízká (r < 0,3)		mírná (0,3 ≤ r < 0,5)		význačná (0,5 ≤ r < 0,7)			velká (0,7 ≤ r < 0,9)		velmi vysoká (r ≥ 0,9)		
hladina významnosti α < 0,05 pro N = 790, kde rk = 0,0697												

Vlastnosti jílu a hlín tříd **F5 – F8** jsou na hloubce uložení vzorku závislé níže a u Atterbergových mezí mírně. Význačnou závislost vykazuje mez tekutosti a index plasticity na obsahu jílovitých částic, se kterým se zvyšuje obsah mikropórů více pojímajících vodu. Mírná závislost existuje i mezi podílem jílovitých částic a objemovou hmotností a mezi plasticity (tab. 13). Závislosti mezi vlastnostmi existují v různých stupních a tyto vztahy jsou obdobné jako u tříd F1 – F4.

Tabulka 13 Korelační matice fyzikálních vlastností základových půd tříd F5 – F8, hloubky odebraných vzorků a obsahu jílovitých částic

Tabulka 4. Obsah noviny časné												
F5 – F8	h	w	ρ_n	ρ_s	ρ_d	w_L	w_P	I_P	I_c	n	S_r	f
h	1											
w	-0,0076	1										
ρ_n	0,1718	-0,1067	1									
ρ_s	0,0752	-0,6499	0,2518	1								
ρ_d	0,0465	-0,7905	0,1473	0,8714	1							
w_L	0,4128	0,3991	0,2752	-0,3211	-0,3977	1						
w_P	0,2126	0,5208	-0,0011	-0,4943	-0,5485	0,6718	1					
I_P	0,4223	0,2994	0,3313	-0,2148	-0,2877	0,9641	0,4612	1				
I_c	0,1855	-0,4857	0,2296	0,3648	0,4937	0,2608	0,1628	0,2567	1			
n	-0,0089	0,7892	0,036	-0,8578	-0,9162	0,468	0,5617	0,3679	-0,4588	1		
S_r	0,0339	0,3542	-0,1033	0,1831	-0,1221	0,1058	0,0945	0,094	-0,4037	0,0989	1	
f	0,3242	0,1649	0,3019	-0,0928	-0,1412	0,6748	0,3309	0,6967	0,2435	0,2091	0,0472	1
závislost	nízká ($r < 0,3$)		mírná ($0,3 \leq r < 0,5$)		význačná ($0,5 \leq r < 0,7$)		velká ($0,7 \leq r < 0,9$)		velmi vysoká ($r \geq 0,9$)			
hladina významnosti $\alpha < 0,05$ pro $N = 4046$, kde $r_k = 0,0308$												

Mechanické vlastnosti jsou vyhodnoceny zvlášť, protože při korelační analýze je potřebný stejný počet všech proměnných do korelační matice. V opačném případě by byl u fyzikálních vlastností počet naměřených údajů značně snížen. Z tabulky 14 je zřejmé, že není prokázána závislost mezi edometrickým modulem či efektivními parametry smykové pevnosti a fyzikálními vlastnostmi s výjimkou nízké závislosti efektivního úhlu vnitřního tření na stupni plasticity, objemové hmotnosti a mezi tekutosti a mírné závislosti edometrického modulu na indexu konzistence pro základové půdy třídy F1 – F4.

Tabulka 14 Výsledky korelační analýzy pro dané mechanické a fyzikální vlastnosti základových půd tříd F1 – F4

F1 – F4	w	ρ_n	ρ_s	ρ_d	w_L	w_P	I_P	I_c	n	S_r
E _{oed}	-0,252	0,164	0,256	0,264	0,118	0,257	-0,003	0,452	-0,244	0,077
C _{ef}	-0,069	0,044	0,058	0,06	0,079	0,051	0,059	0,056	-0,049	-0,041
Φ _{ef}	-0,216	-0,333	0,069	0,153	-0,323	0,015	-0,338	0,19	-0,196	-0,178
závislost	nízká (r < 0,3)		mírná (0,3 ≤ r < 0,5)		význačná (0,5 ≤ r < 0,7)		velká (0,7 ≤ r < 0,9)		velmi vysoká (r ≥ 0,9)	
hladina významnosti α < 0.05 pro E _{oed} N = 96, kde r _k = 0,09901; C _{ef} a Φ _{ef} N = 68, kde r _k = 0,2006										

Mechanické vlastnosti základových půd tříd F1 – F5 jsou více ovlivňovány fyzikálními vlastnostmi (tab. 15). Edometrický modul je mírně závislý na vlhkosti, objemové hmotnosti a indexu konzistence. Význačná závislost se projevila u efektivního úhlu vnitřního tření a meze tekutosti a indexu plasticity a mírná pro objemovou hmotnost, mez plasticity a pórovitost.

Tabulka 15 Výsledky korelační analýzy pro dané mechanické a fyzikální vlastnosti základových půd tříd F5 – F8

F5 – F8	w	ρ_n	ρ_s	ρ_d	w_L	w_P	I_P	I_c	n	S_r
E _{oed}	-0,352	0,223	0,339	0,357	0,269	0,146	0,281	0,448	-0,299	-0,102
c _{ef}	0,023	0,352	-0,015	-0,018	0,283	0,238	0,267	0,249	0,096	-0,088
φ_{ef}	-0,259	-0,336	0,255	0,265	-0,613	-0,355	-0,625	-0,245	-0,33	0,051
závislost	nízká ($r < 0,3$)		mírná ($0,3 \leq r < 0,5$)		význačná ($0,5 \leq r < 0,7$)		velká ($0,7 \leq r < 0,9$)		velmi vysoká ($r \geq 0,9$)	
hladina významnosti $\alpha < 0.05$ pro E _{oed} N = 676, kde $r_k = 0.09901$; c _{ef} a φ_{ef} N = 469, kde $r_k = 0.1189$										

Pro zjištění a ověření souvislostí mezi mechanickými vlastnostmi, hloubkou odebraného vzorku a obsahem jílovitých částic byly použity parametry **těsnosti a míry závislosti** (tab. 5 a 6, kapitola 3.5. Statistické zhodnocení). Grafy regresní analýzy těchto parametrů jsou uvedeny v příloze K.

Edometrický modul tříd základových půd F1 – F4 je význačně závislý na hloubce s koeficientem korelace $r = 0,555$ (tab. 16), čemuž odpovídá koeficient determinace $R^2 = 0,3084$ (tab. 17, příloha K) a regresní přímka má tvar funkce $y = 0,4954x - 0,6176$, což nám říká, že s každým metrem roste edometrický modul o 0,4954 MPa. Ostatní koeficienty korelace nesplňují podmínku vyššího koeficientu korelace než kritická hodnota r_k , proto neexistuje žádný další vztah.

Význačná závislost edometrického modulu a hloubky je zjištěna také u tříd F5 – F8 s koeficientem korelace $r = 0,659$ (tab. 16), koeficientem determinace $R_2 = 0,435$ a s regresní přímkou $y = 0,6619x - 0,4018$ (tab. 17, příloha K). Efektivní úhel vnitřního tření u 26,3 % hodnot je vysvětlen rozdílným obsahem obsahu jílovitých částic, což je dáno koeficientem determinace 0,263. Závislost je význačná a tvar regresní přímky je $y = -1,6709x + 64,316$. V případech edometrického modulu a obsahu jílovitých částic, totální soudržnosti, hloubky a obsahu jílovitých částic je prokázána mírná závislost a mírná těsnost.

Tabulka 16 Koeficienty korelace pro mechanické parametry, hloubku a obsah jílovitých částic ve skupinách tříd základových půd F1 – F4 a F5 – F8

koeficient korelace r							
F1 – F4				F5 – F8			
		h (m)	f (%)			h (m)	f (%)
N=125; $r_k=0,176$	E _{oed}	0,555	0,173	N=854; $r_k=0,067$	E _{oed}	0,659	0,344
N=81; $r_k=0,219$	c _{ef}	-0,043	0,104	N=496; $r_k=0,088$	c _{ef}	0,136	0,15
N=81; $r_k=0,219$	φ_{ef}	-0,066	-0,168	N=496; $r_k=0,088$	φ_{ef}	-0,259	-0,513
				n=169; $r_k=0,151$	c _u	0,465	0,331
				n=169; $r_k=0,151$	φ_u	0,273	0,041

Tabulka 17 Koeficienty determinace pro mechanické parametry, hloubku a obsah jílovitých částic ve skupinách tříd základových půd F1 – F4 a F5 – F8

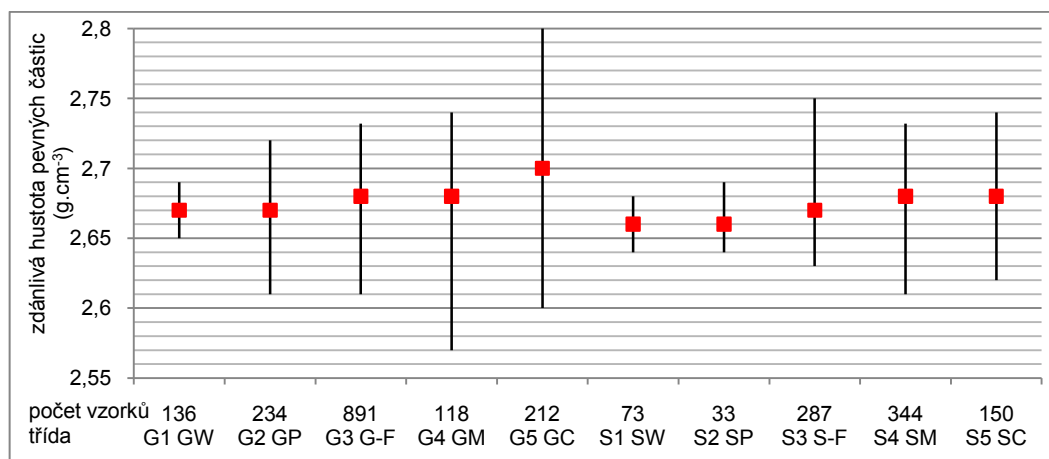
koeficient determinace R^2					
F1 – F4			F5 – F8		
	h (m)	f (%)		h (m)	f (%)
E_{oed}	0,308	0,0301	E_{oed}	0,435	0,118
C_{ef}	0,0018	0,0109	C_{ef}	0,0186	0,0225
Φ_{ef}	0,0043	0,0284	Φ_{ef}	0,067	0,263
			c_u	0,216	0,109
			Φ_u	0,0745	0,0016

4.2. Hrubozrnné základové půdy

V zájmové oblasti představují písčité sedimenty nejmenší skupinu základových půd (10,4 % ze všech studovaných vzorků) a společně s rozšířenějšími štěrkovitými zeminami (18,8 %) tvoří vhodné základové půdy hlavně kvůli vyhovující únosnosti, nízké stlačitelnosti, nenamrzavosti a propustnosti (Šimek et al., 1990). Tyto jevy nelze blíže specifikovat pro absenci mechanických parametrů ve zdrojových souborech.

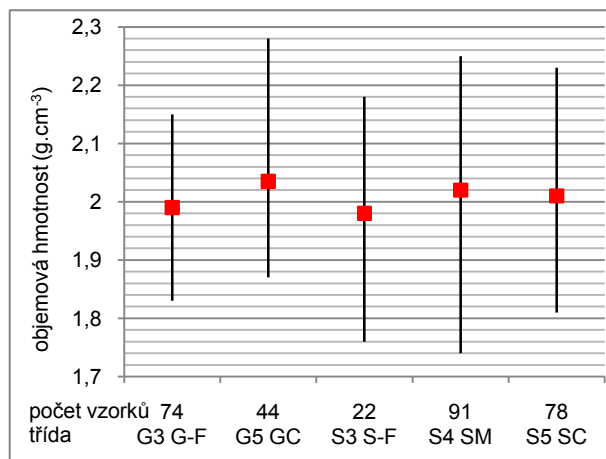
Hrubozrnné zeminy mají menšinový podíl u ledovcových, svahových a fluvialních typů (obr. 11, kapitola 3.3. Zařazení základových půd podle genetických typů), z čehož je nejvíce reprezentují štěrky třídy G3 (G-F) a G5 (GC) a nejméně se vyskytují v zájmovém území písky tříd S1 (SW), S2 (SP) a S5 (SC).

Zdánlivá hustota pevných částic štěrků a písků je $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ podle J. Paška et al. (1995) i M. E. Kalinskiho (2011). Studované štěrky třídy G1 (GW) a G2 (GP) mají střední hodnotu $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$ a písky S1 (SW) a S2 (SP) $2,66 \text{ g.cm}^{-3}$ s tím, že dobře zrněné štěrky a písky mají rozpětí hodnot méně variabilní (graf 19, příloha E), což se předpokládá. Štěrk G3 (G-F) a písky S3 (S-F) s příměsí jemnozrnné zeminy, která je příčinou většího rozpětí hodnot, mají nepatrně vyšší střední hodnotu $2,68 \text{ g.cm}^{-3}$ a $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$. Vyšší hodnoty $2,7 - 2,84 \text{ g.cm}^{-3}$ vykazují svahové základové půdy třídy G5 (GC) podobně jako karbonské štěrky s intervalem $2,67 - 2,81 \text{ g.cm}^{-3}$ (příloha F4, F6, G2).



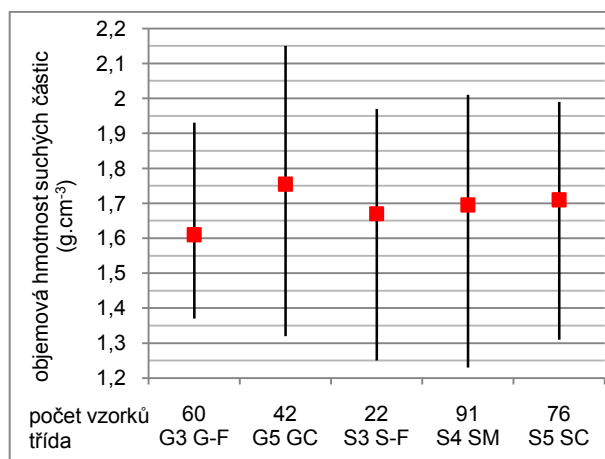
Graf 19 Intervaly hodnot zdánlivé hustoty pevných částic hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot

Objemová hmotnost základových půd s obsahem jemnozrnné zeminy je zobrazena v grafu 20. J. Pašek (1995) uvádí objemovou hmotnost pro prachovité písky a písčité hlíny $1,9 - 2,2 \text{ g.cm}^{-3}$. Přesto, že se terminologie zemin neshoduje, je možné tyto orientační hodnoty použít pro porovnání hrubozrnných zemin s podílem jemnozrnných, jejichž střední hodnoty se nachází v intervalu $1,98 - 2,03 \text{ g.cm}^{-3}$ (graf 20, příloha E). Fluviální i ledovcové sedimenty mají podobné intervaly hodnot v rozsahu $1,7 - 2,23 \text{ g.cm}^{-3}$ (příloha F2, F3, G3).



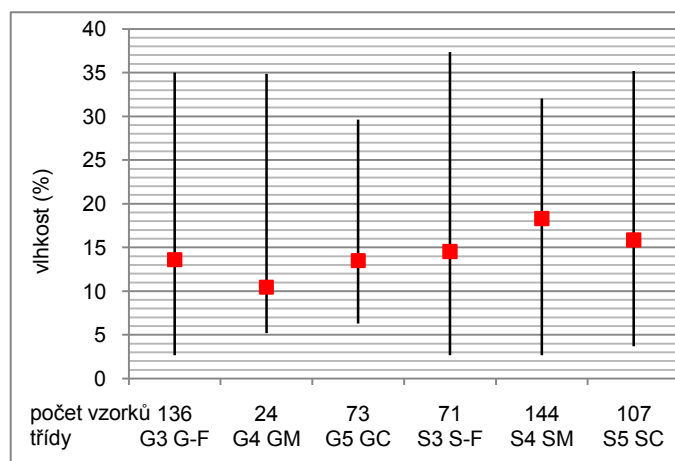
Graf 20 Objemová hustota hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot

Objemová hustota suchých částic je v porovnání s ostatními nejnížší pro šterky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) se střední hodnotou $1,61 \text{ g.cm}^{-3}$ (graf 21, příloha E). Hodnoty jílovitých šterků G5 (GC) se nacházejí v intervalu $1,32 - 2,15 \text{ g.cm}^{-3}$. Jílovité písky mají rozsah podobný, ale nižší střední hodnotu $1,71 \text{ g.cm}^{-3}$. Hlinité a jílovité písky S4 (SM) a S5 (SC) ledovcového původu mají vyšší hodnoty než fluviální (příloha F2, F3, G4).



Graf 21 Objemová hustota pevných částic hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot

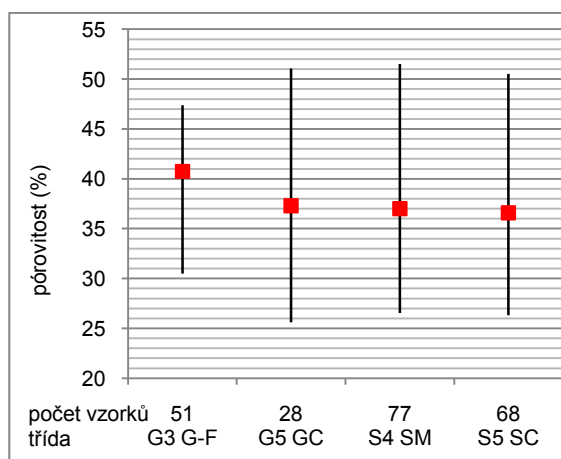
Vlhkost štěrků se pohybuje v rozmezí 2,6 – 35 % (graf 22, příloha E), přičemž vyšší hodnoty jsou u štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) ledovcového původu 17,9 %, svahové a fluviální mají průměrnou hodnotu 13 % (příloha F2, F3, F4, G1). Vlhkost fluviálních písků se pohybuje v rozsahu vlhkosti ve střední hodnotě 20 – 23,2 % kromě písku s příměsí jemnozrnné zeminy S3 (S-F) s vlhkostí 13,1 %, která je u ledovcových uloženin vyšší 18,4 %. Ledovcové jílovité a hlinité písky S4 (SM) a S5 (SC) mají nižší vlhkost 14 % než fluviální 17,3 - 21,6 %.



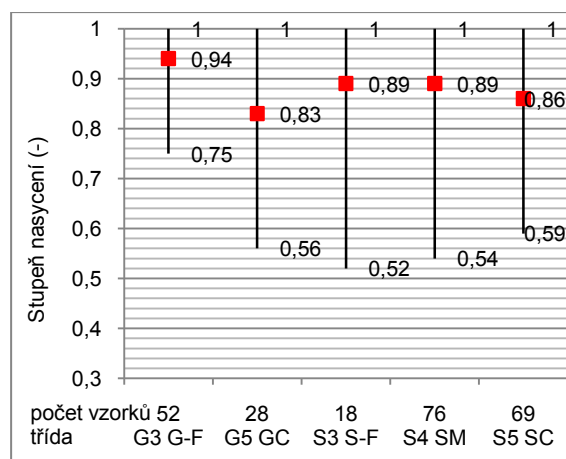
Graf 22 Vlhkost hrubozrnných zemin

Pórovitost štěrků třídy G5 (GC) a písků tříd S4 (SM) a S5 (SC) je podobná. Jejich interval hodnot se pohybuje mezi 25,6 % a 51,5 %. Štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) mají menší variabilitu pórovitosti 30,5 – 47,4 % a vyšší střední hodnotu 41,6 % (graf 23, příloha E). Fluviální hrubozrnné zeminy, zejména G3 (G-F) a S4 (SM), mají vyšší hodnoty pórovitosti než ledovcové (příloha F2, F3, G9).

Stupeň nasycení třídy G3 (G-F) je nejvyšší v porovnání s ostatními třídami v intervalu 0,75 – 0,94 se střední hodnotou 0,94 a naopak nejnižší u třídy G5 (GC) 0,83. Písky třídy S3 (S-F) a S4 (SM) mají podobné hodnoty v intervalu od 0,52 do 1 (graf 24, příloha E). Stupeň nasycení tříd G3 (G-F) a S4 (SM) je vyšší u fluválního typu než u (příloha F2, F3, G10).

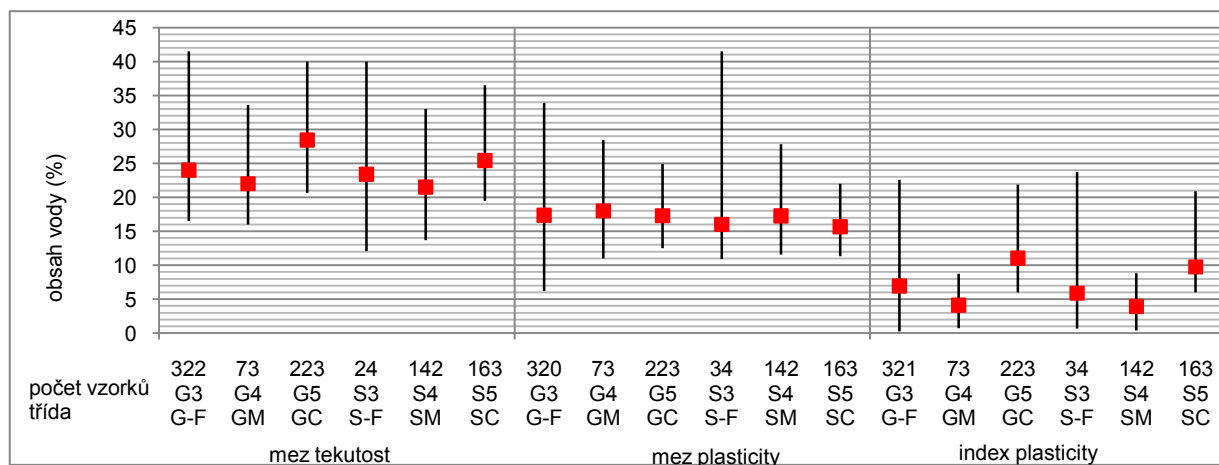


Graf 23 Pórovitost hrubozrnných zemin



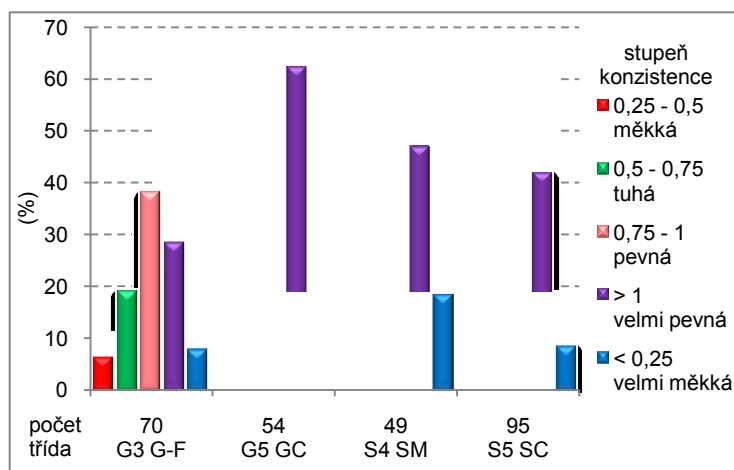
Graf 24 Stupeň nasycení hrubozrnných zemin

Konzistenční stavy jsou stanoveny u hrubozrnných tříd základových půd s obsahem jemnozrnných částic 5 – 35 % (G3 – G5 a S3 – S5). Podle předpokladu mají hrubozrnné zeminy s podílem jílovitých částic G5 (GC) a S5 (SC) vyšší mez tekutosti a nižší mez plasticity, ale naopak je tomu u štěrků a písků s podílem hlinitých částic G4 (GM) a S4 (SM) (graf 25, příloha E). Štěrky a písky s příměsí jemnozrnné zeminy ledovcového a fluválního původu vykazují téměř stejné hodnoty konzistenčních stavů (příloha F2, F3, G5, G6, G7).



Graf 25 Graf intervalů hodnot Atterbergových mezí hrubozrnných zemin s vyznačením středních hodnot

Velmi pevná **konzistence** je dominantní u tříd G5 (GC), S4 (SM) a S5 (SC) a na druhém místě je pevná konzistence (graf 26, příloha E). Opačně tomu je u třídy štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F). Méně se vyskytuje tuhá konzistence u tříd G3 (G-F), G5 (GC) a S5 (SC) a u hlinitých písků S4 (SM) ji převyšuje velmi měkká konzistence, která je spolu s měkkou konzistencí zastoupena minimálně. U genetických typů je tento charakter četnosti konzistenčních stupňů totožný. Jde o fluvialní a ledovcové sedimenty, ve kterých se hrubozrnné zeminy vyskytují v největším zastoupení (příloha F2, F3, G8).



Graf 26 Četnost hrubozrnných zemin ve stupních konzistence

Výsledkem této podkapitoly je přehled zjištěných místních charakteristik základových půd uvedený v tabulce 18 (příloha E).

Tabulka 18 Místní fyzikální charakteristiky hrubozrnných základových půd se středními hodnotami v závorce

	G1 GW	G2 GP	G3 G-F	G4 GM	G5 GC	S1 SW	S2 SP	S3 S-F	S4 SM	S5 SC
w (%)			2,7 - 35 (13,6)	5,2 - 34,9 (10,5)	6,3 - 29,6 (16,5)			2,7 - 37,3 (14,5)	2,66 - 32 (18,3)	3,68 - 35 (15,9)
ρ_n (g.cm ⁻³)	2,65 - 2,69 (2,67)	2,61 - 2,72 (2,67)	2,61 - 2,73 (2,68)	2,57 - 2,7 (2,68)	2,6 - 2,8 (2,7)	2,64 - 2,68 (2,66)	2,61 - 2,75 (2,67)	2,63 - 2,7 (2,67)	2,61 - 2,7 (2,68)	2,62 - 2,74 (2,68)
ρ_s (g.cm ⁻³)			1,83 - 2,15 (1,99)		1,87 - 2,28 (2,04)			1,76 - 2,2 (1,98)	1,74 - 2,3 (2,02)	1,81 - 2,23 (2,01)
ρ_d (g.cm ⁻³)			1,37 - 1,93 (1,61)		1,32 - 2,15 (1,76)			0,9 - 1,97 (1,67)	1,23 - 2 (1,7)	1,31 - 1,99 (1,71)
w _L (%)			16,5 - 71,5 (24)	16 - 33,6 (22)	20,7 - 40 (28,5)			12,1 - 63 (23,4)	13,7 - 33 (21,5)	19,5 - 37 (25,4)
w _p (%)			6,2 - 33,9 (14,3)	11 - 28,4 (18)	12,5 - 24,9 (17,3)			10,9 - 42 (16)	11,5 - 28 (17,3)	11,34 - 22 (15,7)
I _p (%)			0,24 - 46,5 (6,94)	0,71 - 8,8 (4,12)	6,01 - 21,9 (11)			0,65 - 49 (5,9)	0,4 - 8,82 (3,9)	6 - 20,9 (9,8)
I _c			0,03 - 2,17 (0,87)	0,09 - 1,9 (0,8)	0,55 - 2,39 (1,2)			0,36-1,2 (0,71)	0,01-2,45 (0,92)	0,01-1,75 (0,96)
n (%)			30,5-47,3 (40,75)		25,6-51,1 (37,3)			25,8-46,8 (38)	26,5-51,5 (37)	26,32-50,5 (36,6)
Sr			0,75-1 (0,94)		0,56 - 1 (0,83)			0,52-1 (0,87)	0,54-1 (0,89)	0,59-1 (0,85)

4.3. Vyhodnocení vlastností základových půd v jednotlivých inženýrskogeologických rajonech

Inženýrskogeologické poměry vystihují v přehledné formě mapy inženýrského rajonování. Jako primární zdroj jsou ve spojení s topografickými mapami využívány jako podklad pro územní plánování a územní projekty pro budoucí zástavbu, výběr staveniště pro stavby, pro posouzení možností umístění velkých průmyslových, hydrotechnických a dopravních staveb, pro vyhodnocování různých faktorů na životní prostředí a v neposlední řadě pro přípravu detailnějšího inženýrskogeologického průzkumu. Hranice inženýrskogeologických rajonů nemusí být zcela přesné, neboť souvisejí s měřítkem mapy a metodikou zpracování, která vychází z určité hustoty vrtných prací a nemusí úplně odpovídat změnám geologického prostředí v prostoru a ploše.

Rozšíření a charakter inženýrskogeologických rajonů byl čerpán z map inženýrskogeologického rajonování pro list 15 – 41 Hlučín, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986). Poměry uváděné v publikaci Paška a Matuly (1986) „Regionálna inženiarska geológia ČSSR“ jsou prezentovány ve formě vysokoškolské učebnice a zájmové území je zahrnuto do oblasti Čelní karpatské předhlubně regionu Neogenních tektonických nížin. Protože tato monografie popisuje vlastnosti větších regionálních celků a v mapách inženýrskogeologického rajonování jsou pro menší území, není možné v rámci měřítka zpracování z těchto dvou zdrojů čerpat a porovnávat informace.

V této podkapitole je předmětem srovnání tříd základových půd v jednotlivých rajonech, které jsou uváděny v mapách, a tříd zjištěných z databáze. V dalším kroku byla vytvořena typologie základových půd v jednotlivých rajonech. Je samozřejmé, že vzorky odebrané z geologických profilů jsou z různých hloubek, tzn. z různých vrstev. Tuto skutečnost zohledňují podrajony, u kterých jsou uváděny až 3 vrstvy – 1. vrstva kvarterních sedimentů, 2. vrstva kvarterních sedimentů a vrstva předkvarterních uloženin. Nicméně rajony s jejich charakteristikami jsou vymezeny pouze podle nejsvrchnějšího komplexu hornin, který má u hornin kvarterního stáří mocnost větší než 1 m, a v případě předkvarterního podkladu vystupuje na povrch nebo je jeho mocnost menší než 1 m (Lochmann, 1992). Dále jsou zde uvedeny fyzikálně-mechanické vlastnosti pro třídy

základových půd, které jsou nejvíce zastoupeny v rajonech² (tab. 4, kapitola 3.4. Určení vztahů studovaných vzorků k inženýrskogeologickým rajonům) a jsou i v mapách inženýrskogeologického rajonování určeny jako prioritní. Dalším krokem může být v budoucnu rozšíření této komparační studie tím, že se porovnají také petrografické profily, specifikují jednotlivé vrstvy, hydrogeologické podmínky apod. a tím se ještě více upřesní inženýrskogeologické prostředí.

Vyhodnocování dat bylo prováděno ve smyslu vhodných a méně vhodných variant při sestavování místních charakteristik (obr. 19), pro jejichž vytvoření je důležitý vztah mezi charakterem inženýrskogeologického prostředí (vytřídění zeminy a heterogenita) a hustotou prozkoumanosti (četnost vrtů a vzorků). Nejvhodnější variantou, tzn. souborem dat, pro vytvoření místních charakteristik jsou třídy základových půd s nejvyšším počtem vzorků, v našem případě je to třída F6 (CL, CI), F8 (CH, CV), F4 (CS) a G3 (G-F). Na druhém místě je inženýrskogeologické prostředí definované podle genetických původů nebo podle inženýrskogeologických rajonů s největším plošným rozšířením a ideálně s malou heterogenitou neboli nízkým počtem tříd základových půd, jako je například rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp nebo základové půdy neogenního stáří.



Obrázek 19 Zhodnocení vhodnějších a méně vhodných variant při sestavování místních charakteristik ve vztahu k inženýrskogeologickým rajonům

Výsledky této podkapitoly korespondují s vyhodnocením podle genetických typů v kapitole 4 jen zčásti, a to z toho důvodu, že třídy základových půd jsou v rajonech

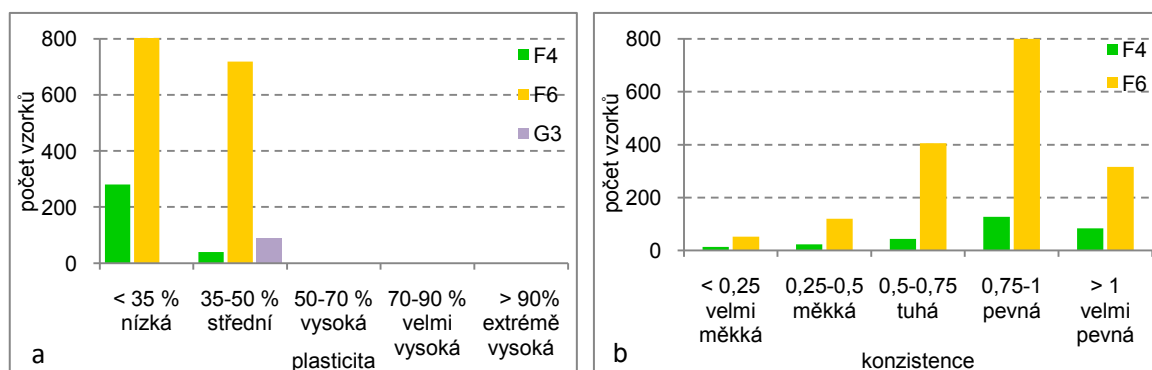
² Celkový souhrn vlastností všech tříd základových půd v jednotlivých rajonech je v příloze N1 – N9.

uváděny pro nejsvrchnější litologicko-genetický typ, podle kterého je rajon vymezen. Genetický typ byl vzorkům přiřazen zvlášť v každé vrstvě geologického prostředí, protože je důležité si uvědomit, že například sprašové sedimenty spočívají například na fluviálních uloženinách, jejichž podkladem jsou horniny předkvaterního stáří. Oba tyto soubory hodnot byly podle výše popsaných atributů děleny, a tudíž by se shodovaly jen v případech, kdy by byl vzorek klasifikován například jako fluviální a nacházel se ve svrchní vrstvě rajonu s tímto litogenetickým typem.

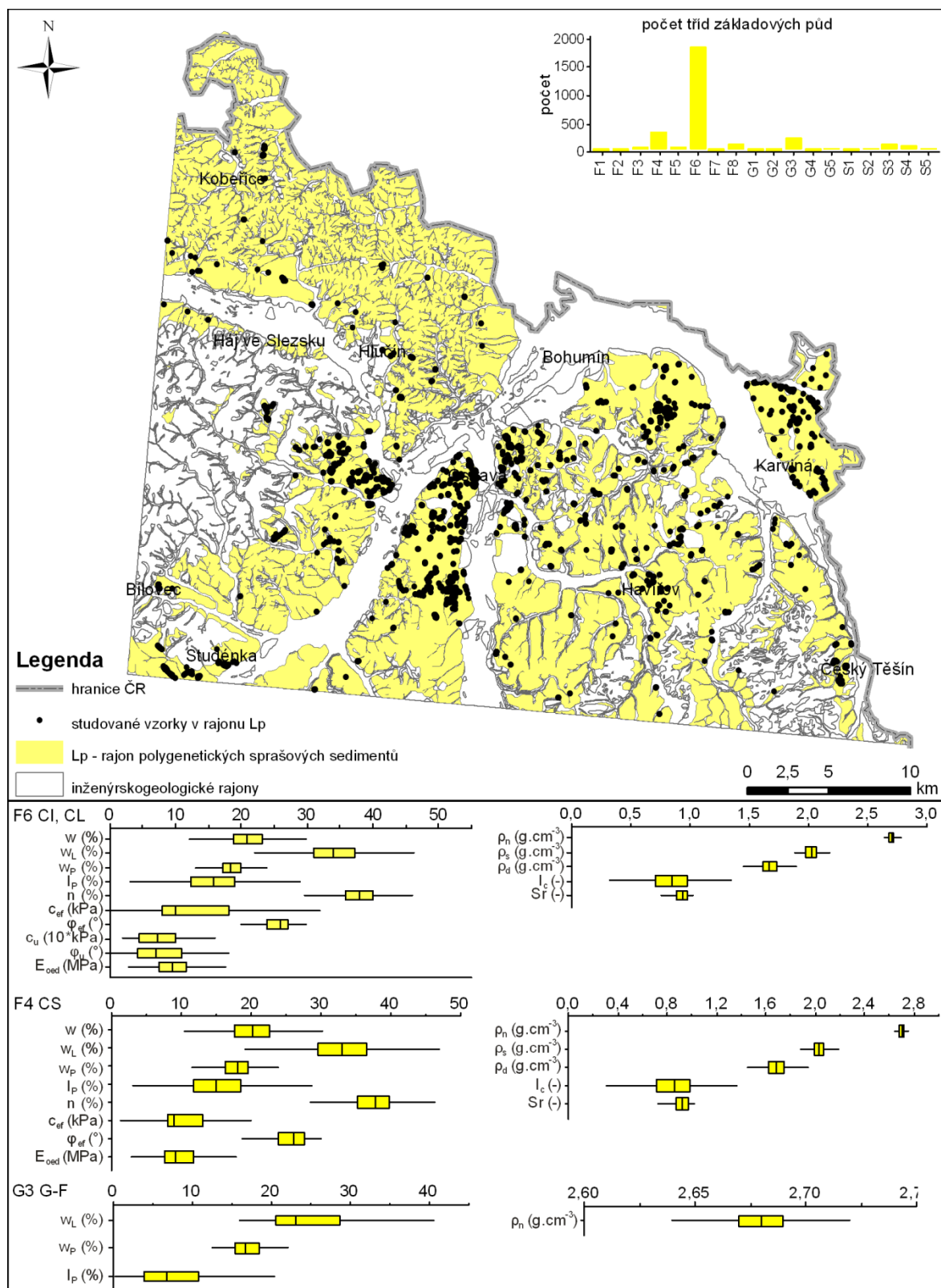
4.3.1. Rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp

V zájmovém území je rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp plošně nejrozšířenější a zabírá 45,9 % (556,1 km²) z celkové plochy studované oblasti 1197,4 km². Tento rajon je reprezentován pleistocenními až holocenními sprašemi, sprašovými hlínami a přeplavenými sprašovými hlínami. Třídy základových půd jsou zde zastoupeny všechny (obr. 20). Převládající základové půdy jsou třídy F6 (CL, CI) a jejich podíl z celkového počtu studovaných vzorků v rajonu Lp je 50,8 %. Písčité jíly tvoří 9,8 % a podložní štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy 6,4 %. Ostatní třídy základových půd nedosahují ani 5 %. Pro tento rajon je v mapách inženýrskogeologického rajonování uvedena typická třída F6 (CL, CI) a v karvinské části i F4 (CS) (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986).

Jíly s nízkou **plasticitou** F6 (CL) mírně převyšují počet jílu se střední plasticitou F6 (CI) (graf 27a). Nízce plastické jsou i písčité jíly F4 (CS). Střední plasticita je pouze u 12 % vzorků. U 20 % štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) byla stanovena střední plasticita.



Graf 27 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 v rajonu Lp, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Lp



Obrázek 20 Mapa prozkoumanosti rajonu Lp, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti

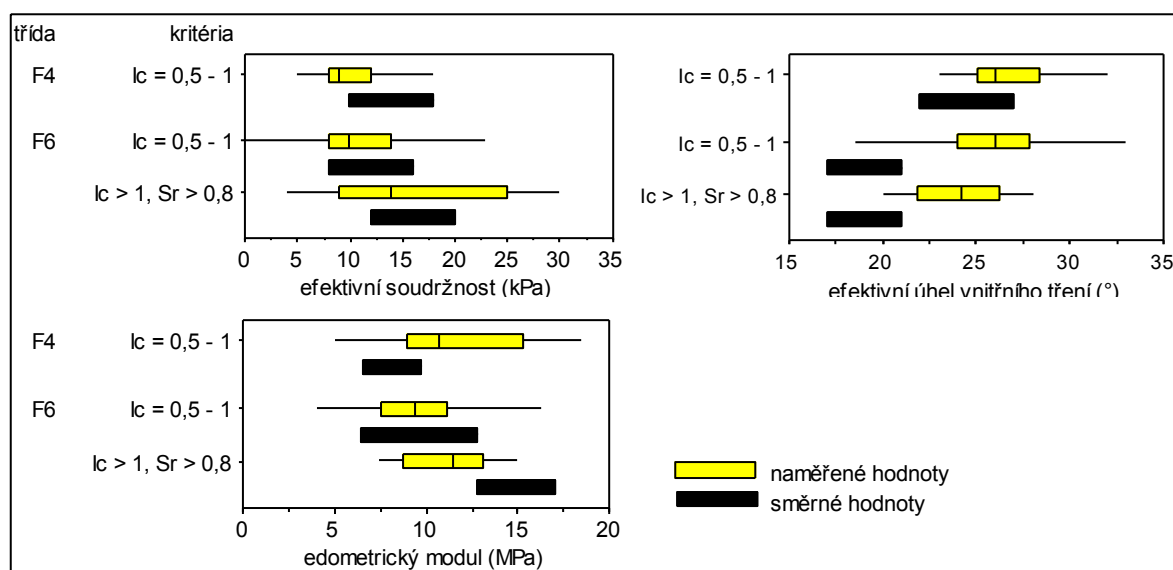
Konzistence jílu s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) je u 47,2 % pevná, u 23,9 % tuhá, u 18,7 % velmi pevná a v minimální míře měkká až velmi měkká. Pevná konzistence převládá i u písčitých jílu F4 (CS) ze 43,3 %, 28,7 % jsou velmi pevné, 15 % tuhé a zbývající měkké až velmi měkké konzistence (graf 27b).

Výše uvedené informace korespondují s mapami inženýrskogeologického rajonování (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986). Při tuhé až pevné konzistenci základových půd představují středně únosnou a středně stlačitelnou základovou půdu. Prosedavé zeminy nebyly zjištěny, protože současně nebyly splněny podmínky: obsah prachové složky $> 60 \%$, obsah jílovité složky $< 15 \%$, $Sr < 0,7$ a $w_L < 32 \%$. Zeminy nejsou náchylné ani k prosedání, což znamená, že nevyhověly oběma kritériím $n > 40 \%$ a $w < 13 \%$ (ČSN 73 1001).

Vlhkost jílu třídy F6 (CL, CI) se vyskytuje v intervalu 11,5 – 30,6 % a pro třídu F4 (CS) je 5,3 – 27,5 %. Zdánlivá hustota pevných částic studovaných vzorků klasifikovaných jako třída F6 (CL, CI) je 2,64 – 2,78 g.cm⁻³, pro třídu F4 (CS) 2,61 – 2,73 g.cm⁻³ a pro třídu G3 (G-F) 2,64 – 2,72 g.cm⁻³ (obr. 20). Objemová hmotnost jílu třídy F6 se pohybuje v rozmezí 1,88 – 2,18 g.cm⁻³ a třídy F4 (CS) 1,84 – 2,26 g.cm⁻³. Pórovitost je u obou tříd podobná, a to u třídy F6 (CL, CI) 29,6 – 46,8 % a u třídy F4 (CS) 25,6 – 43,7 %. Stupeň nasycení je u zemin třídy F4 (CS) 0,66 – 1 nižší než u zemin třídy F6 (CL, CI) 0,75 – 1. Efektivní smykové parametry charakterizované soudržností byly vyhodnoceny v intervalu 0 – 30 kPa pro jíly s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) a 1,4 – 20 kPa pro písčité jíly F4 (CS). Úhel vnitřního tření má interval 8,5° – 30° ve třídě F6 (CL, CI) a 18,7° – 29,5° ve třídě F4 (CS). Edometrický modul obou tříd je také téměř shodný. Stanovený interval hodnot je pro třídu F6 (CL, CI) 2,8 – 18,5 MPa a pro třídu F4 (CS) 2,8 – 17,7 MPa (příloha L1).

V porovnání se směrnými normovými charakteristikami (ČSN 731001) jsou hodnoty efektivních parametrů smykové pevnosti a edometrického modulu vyšší kromě efektivní soudržnosti třídy F4 (CS) tuhé konzistence s intervalem 5 – 18 kPa a střední hodnotou 9 kPa, která je nižší než směrné hodnoty 10 – 18 kPa, a edometrického modulu třídy F6 (CL, CI), který má v tuhé konzistenci větší rozpětí a v kvartilech 7,4 – 11,1 MPa je podobný jako směrné hodnoty 6,4 – 12,7 MPa (obr. 21). Za podmínky pevné konzistence a stupně nasycení většího než 0,8 je interval naměřených hodnot horší 7,4 –

14,9 MPa než směrné hodnoty 12,7 – 17 MPa. Výsledky porovnání místních a normových hodnot jsou uvedeny v tabulce v příloze M1.



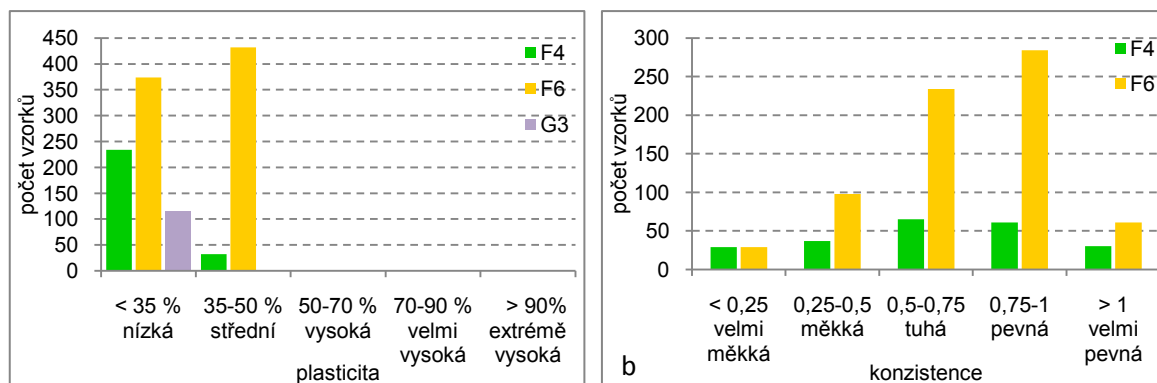
Obrázek 21 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd v rajonu Lp

4.3.2. Rajon náplavů nížinných toků Fn

Druhým nejrozšířenějším rajonem zájmové oblasti je rajon náplavů nížinných toků o plošné rozloze 259,3 km², což je 21,4 % z celkové plochy. Tyto uloženiny jsou vázány na povodí Odry a jejích přítoků Olše, Opavy, Ostravice a dalších. Litologicko-genetické typy tohoto rajonu představují holocenní fluvialní písčito-hlinité, jílovito-písčité až jílovité a šterkovité sedimenty. Podle map inženýrskogeologického mapování jde převážně o třídy základových půd F3 – F6, v hluchínské části i F8, a dále o třídy S3 – S5 a G2 – G5, které jsou nestejnorodé, málo únosné a nestejnoměrně stlačitelné základové půdy, jež jsou méně vhodné až nevhodné pro zakládání (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986).

Podle informací z databáze je v rajonu nejvíce zastoupena třída nížce až středně plastických jílů F6 (CL, CI) (28,3 % z celkového počtu studovaných vzorků 2979 v rajonu Fn), dále šterky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) (15,3 %), písčitými jíly F4 (CS) (9,9 %) a jíly s vysokou a velmi vysokou plasticitou F8 (CH, CV) (8 %). Třídy základových půd F3 (MS), F5 (ML, MI), G2 (GP), S3 (S-F) a S4 (SM) mají podíl mezi 3 – 5 % a třídy F1 (MG), F2 (CG), F7 (MH, MV), G1 GW, G4 (GM), G5 (GC), S1 (SW), S2 (SP) a S5 (SC) pod 3 % (obr. 22).

Jíly s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) jsou zastoupeny téměř ve stejném počtu. Plasticita písčitých jílů F4 (CS) je u 88 % nízká a u 12 % střední. Jemnozrnná příměs štěrku třídy G3 (G-F) vykazuje pouze nízkou plasticitu (graf 28a), která byla zjištěna u 25 % vzorků této třídy. Konzistence je u třídy F6 (CL, CI) i F4 (CS) většinou tuhá až pevná, méně se vyskytuje měkká, velmi měkká či velmi pevná konzistence (graf 28b).

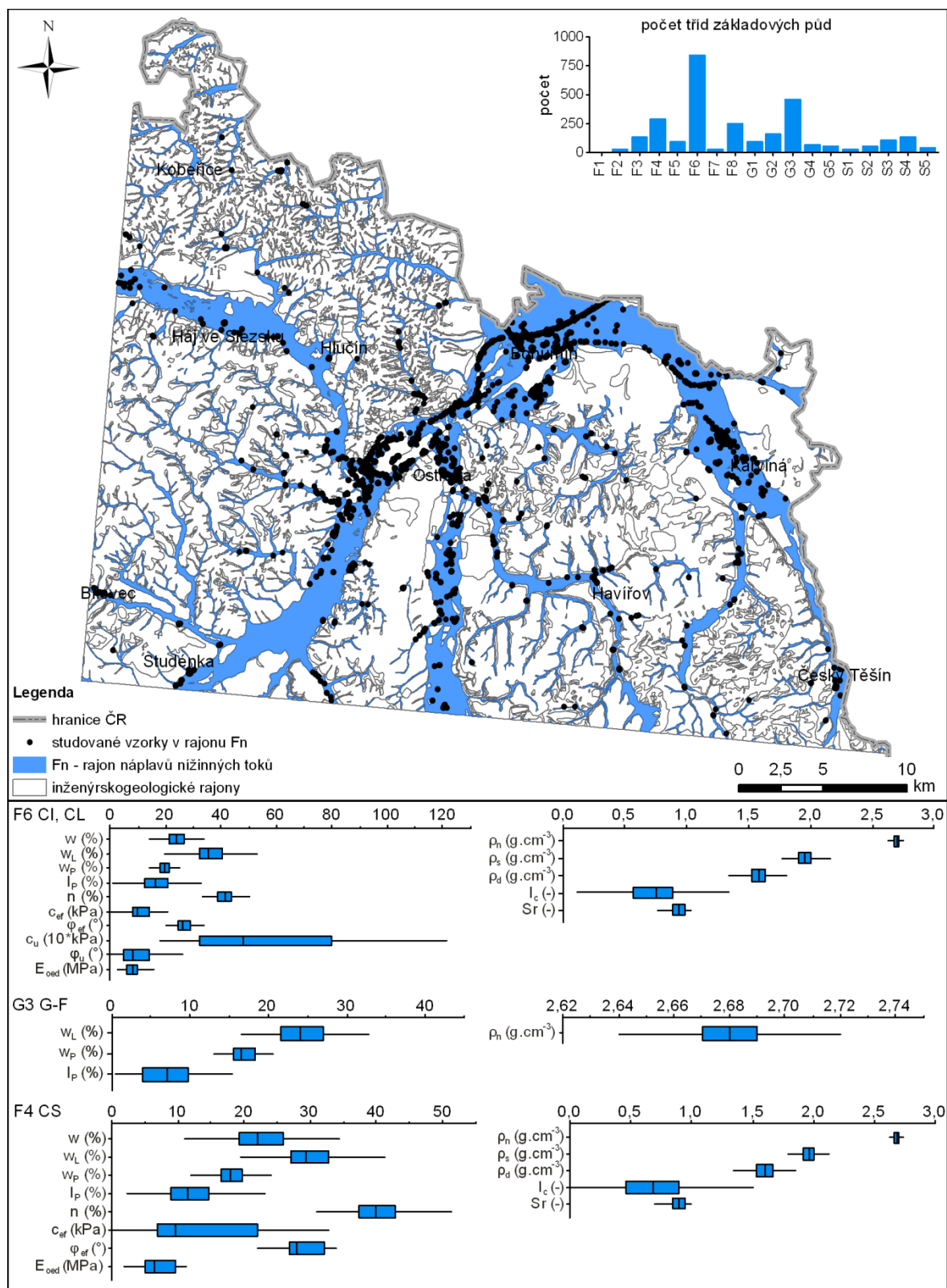


Graf 28 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 v rajonu Fn, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Fn

Zdánlivá hustota pevných částic štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) se pohybuje v intervalu $2,64 - 2,72 \text{ g.cm}^{-3}$. Jíly třídy F6 (CL, CI) vykazují hodnoty $2,62 - 2,77 \text{ g.cm}^{-3}$ a u písčitých jílů F4 (CS) je $2,63 - 2,74 \text{ g.cm}^{-3}$ (obr. 22). Objemová hmotnost jílů třídy F4 (CS) $1,76 - 2,13 \text{ g.cm}^{-3}$ a F6 (CL, CI) $1,78 - 2,07 \text{ g.cm}^{-3}$ je skoro totožná. Obdobně to platí i pro přirozenou vlhkost, která se pro základové půdy třídy F4 (CS) pohybuje v intervalu 11 – 34,5 % a pro třídu F6 (CL, CI) 14,2 – 35,4 % (příloha L2).

Naměřené hodnoty meze tekutosti v rozmezí 19,5 – 42,3 % a meze plasticity 12 – 24,2 % základových půd třídy F4 (CS) jsou v podobných hodnotách jako u třídy F6 (CL, CI), kde je mez tekutosti 19,4 – 49,9 % a mez plasticity 14,4 – 25,6 %. Střední hodnota pórovitosti třídy základových půd F4 (CS) je 40,1 % a třídy F6 (CL, CI) 41,3 %. Stupeň nasycení byl naměřen v rozmezí od 0,7 – 1 u obou tříd.

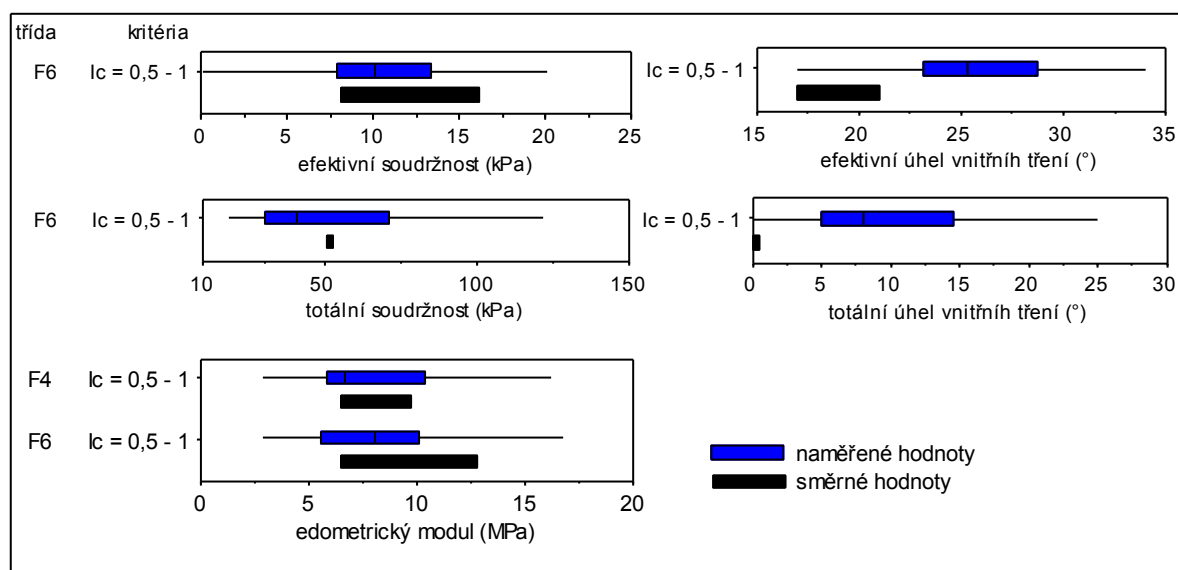
Střední hodnoty efektivních smykových parametrů jsou obdobné jako parametry daných tříd F4 (CS) a F6 (CL, CI) v rajonu Lp. Intervaly hodnot jsou následující: $c_{ef} = 0 - 30 \text{ kPa}$, $\varphi_{ef} = 22^\circ - 34^\circ$ pro třídu F4 (CS) a $c_{ef} = 0 - 20 \text{ kPa}$, $\varphi_{ef} = 20^\circ - 34^\circ$ pro třídu F6 (CL, CI). U třídy F6 (CL, CI) byly stanoveny i totální soudržnost v rozsahu 0,02 – 0,12 MPa a totální úhel vnitřního tření $0^\circ - 26^\circ$.



Obrázek 22 Mapa prozkoumanosti rajonu Fn, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti

Edometrický modul základových půd v těchto zeminách je nižší než u zemin v rajonu Lp a to pro třídu F4 (CS) 1,86 – 11,34 MPa a pro třídu F6 (CL, CI) 2,8 – 15,6 MPa a také se zde vyskytuje opak předpokladu, že by písčité jíly měly mít vyšší hodnoty edometrického modulu než jíly, což je patrné podle střední hodnoty 6,5 MPa pro třídu F4 (CS) a 8 MPa pro třídu F6 (CL, CI).

Základové půdy v rajonu Fn mají rozpětí mechanických vlastností větší než směrné charakteristiky, které byly porovnány pro třídu F6 (CL, CI) a F4 (CS) tuhé konzistence (obr. 23). Efektivní i totální úhel vnitřního tření vykazuje vyšší hodnoty. Efektivní soudržnost je v intervalu 0 – 20 kPa se střední hodnotou 10 kPa a směrné hodnoty jsou 8 – 16 kPa. Totální soudržnost má střední hodnotu 40 kPa nacházející se mimo směrný parametr 50 kPa. Edometrický modul se pohybuje od nižších hodnot 2,8 MPa pro třídu F4 (CS) i F6 (CL, CI) do vyšších hodnot 16,7 MPa u třídy F6 a 11,3 MPa u třídy F4 (CS) než směrný interval 6,38 – 12,7 MPa pro třídu F6 (CL, CI) a 6,45 – 9,68 MPa pro třídu F4 (CS). Tabulka všech intervalů hodnot místních a normových hodnot je v příloze M2.



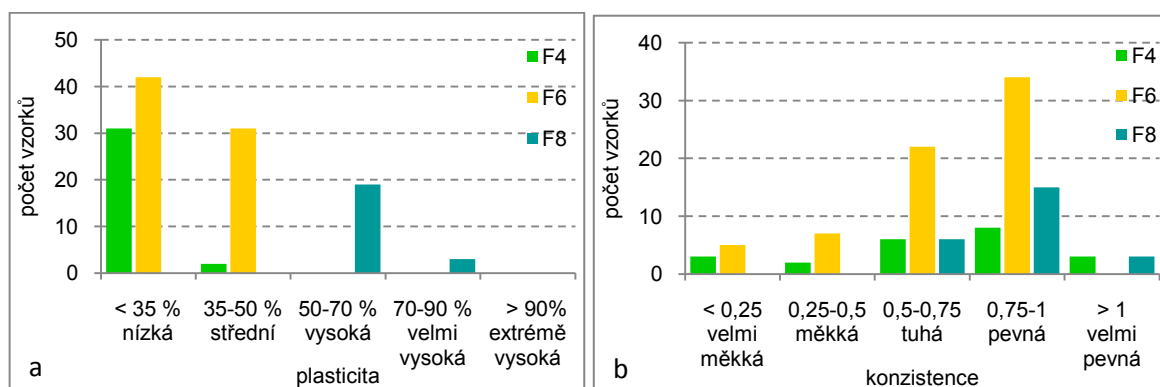
Obrázek 23 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd v rajonu Fn

4.3.3. Rajon deluviálních sedimentů D

Rajon deluviálních sedimentů plošně zabírá 6,9 % zájmové oblasti (83,4 km²) a reprezentují jej svahové sedimenty stratigraficky zařazené do pleistocénu až holocénu převážně hlinitého až hlinito-kamenitého charakteru, které v karvinské části tvoří zvětralinový plášť slezské až podslezské jednotky.

V ostravské části se podle mapy inženýrskogeologického ražování vyskytují základové půdy tříd F1 – F6 a štěrky G3 – G5 a ve zbylé části zájmového území se nachází jíly tříd F2 (CG), F6 (CL, CI) a F8 (CV, CH, CE) (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986). Ze studovaných průzkumů vyplývá, že převážný podíl, 38,3 % z celkového počtu vzorků v tomto rajonu, představují jíly třídy F6 (CL, CI), 16,1 % základových půd tvoří písčité jíly třídy F4 (CS), jíly třídy F8 CV, CH tvoří 11,3 % a štěrky tříd G3 (G-F) a G5 (GC) jsou zastoupeny skoro shodně 6 %. Ostatní třídy základových půd jsou v menšině, tzn., že počet vzorků není vhodný pro statistické zpracování vzhledem k nízkému počtu vzorků a k velikosti plochy studované oblasti (obr. 24).

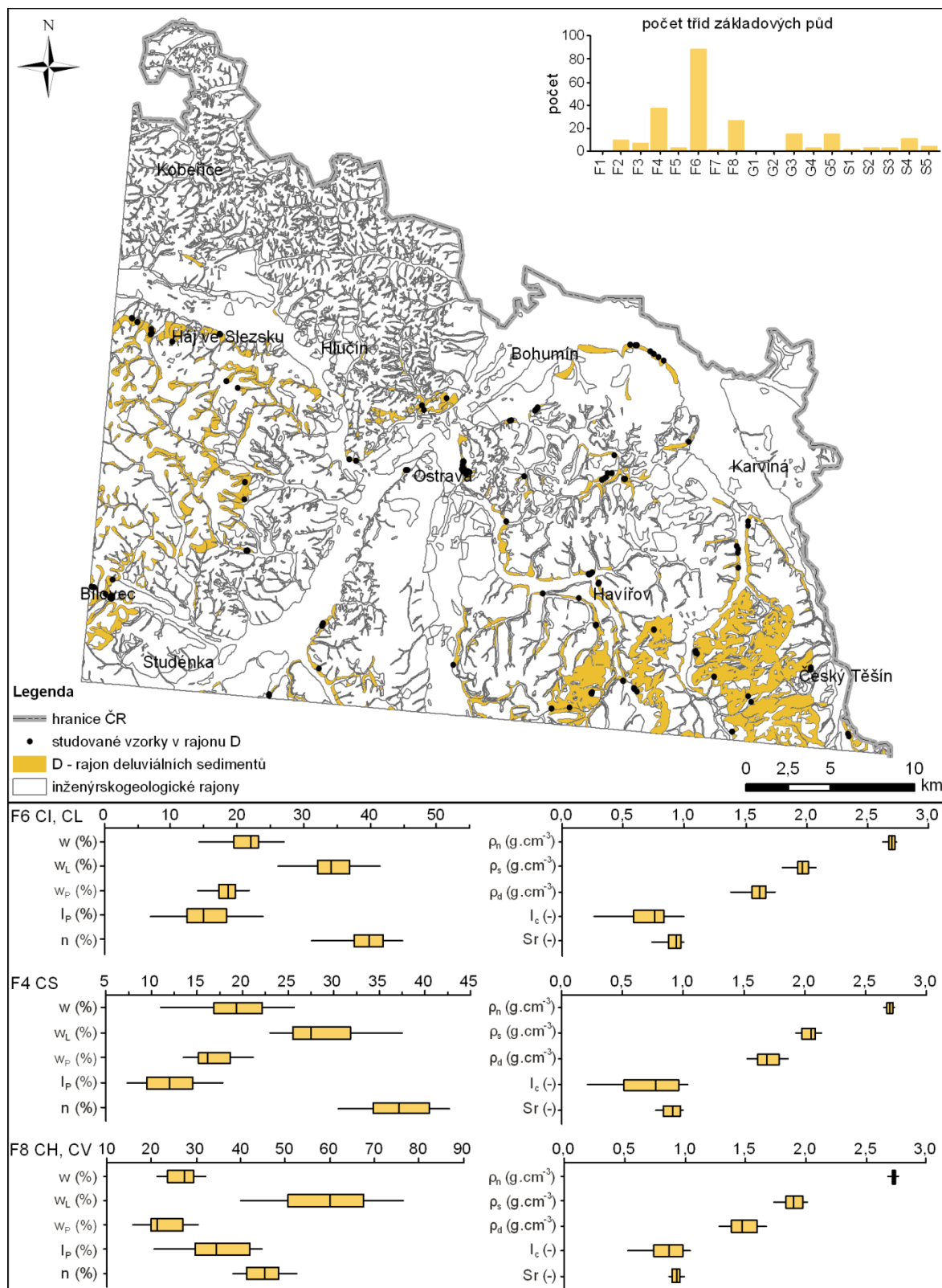
Jíly s nízkou plasticitou F6 (CL) mírně převyšují jíly se střední plasticitou F6 (CI). Naprostá většina písčitých jíků F4 (CS) má nízkou plasticitu a ve třídě F8 (CH, CV) jsou nejvíce zastoupeny vysoce plastické jíly F8 CV (graf 29a). Konzistence je ve všech skupinách převážně pevná a tuhá. U jíků třídy F6 (CL, CI) se nevyskytuje velmi pevná konzistence a u jíků třídy F8 (CH, CV) naopak velmi měkká a měkká (graf 29b).



Graf 29a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 v rajonu D, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu D

Základové půdy třídy F4 (CS) mají vlhkost v rozmezí 11 – 25,6 %, u třídy F6 (CL, CI) je vlhkost v rozmezí 14,1 – 26,9 % a u třídy F8 (CH, CV) 21,2 – 32,1 %. Zdánlivá hustota pevných částic se pro písčité jíly F4 (CS) a pro jíly s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) nachází v intervalu 2,63 – 2,74 g.cm⁻³ a v intervalu 2,69 – 2,77 g.cm⁻³ pro jíly třídy F8 (CH, CV). Vyšší hodnoty objemové hmotnosti 1,92 – 2,14 g.cm⁻³ vykazují písčité jíly třídy F4 (CS). Objemová hmotnost jíků třídy F6 (CL, CI) a jíků třídy F8 (CH, CV) je 1,74 – 2,08 g.cm⁻³. Pórovitost byla zjištěna v intervalu 30,6 – 42,7 % pro třídu F4 (CS), 31 – 45 % pro třídu F6 (CL, CI) a 38,3 – 52,6 % pro třídu F8 (CH, CV).

Stupeň nasycení má ve všech případech maximum 1. Minimum 0,78 vykazuje třída F4 (CS), 0,74 třída F6 (CL, CI) a 0,87 třída F8 (CH, CV) (obr. 24, příloha L3).



Obrázek 24 Mapa prozkoumanosti rajonu D, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

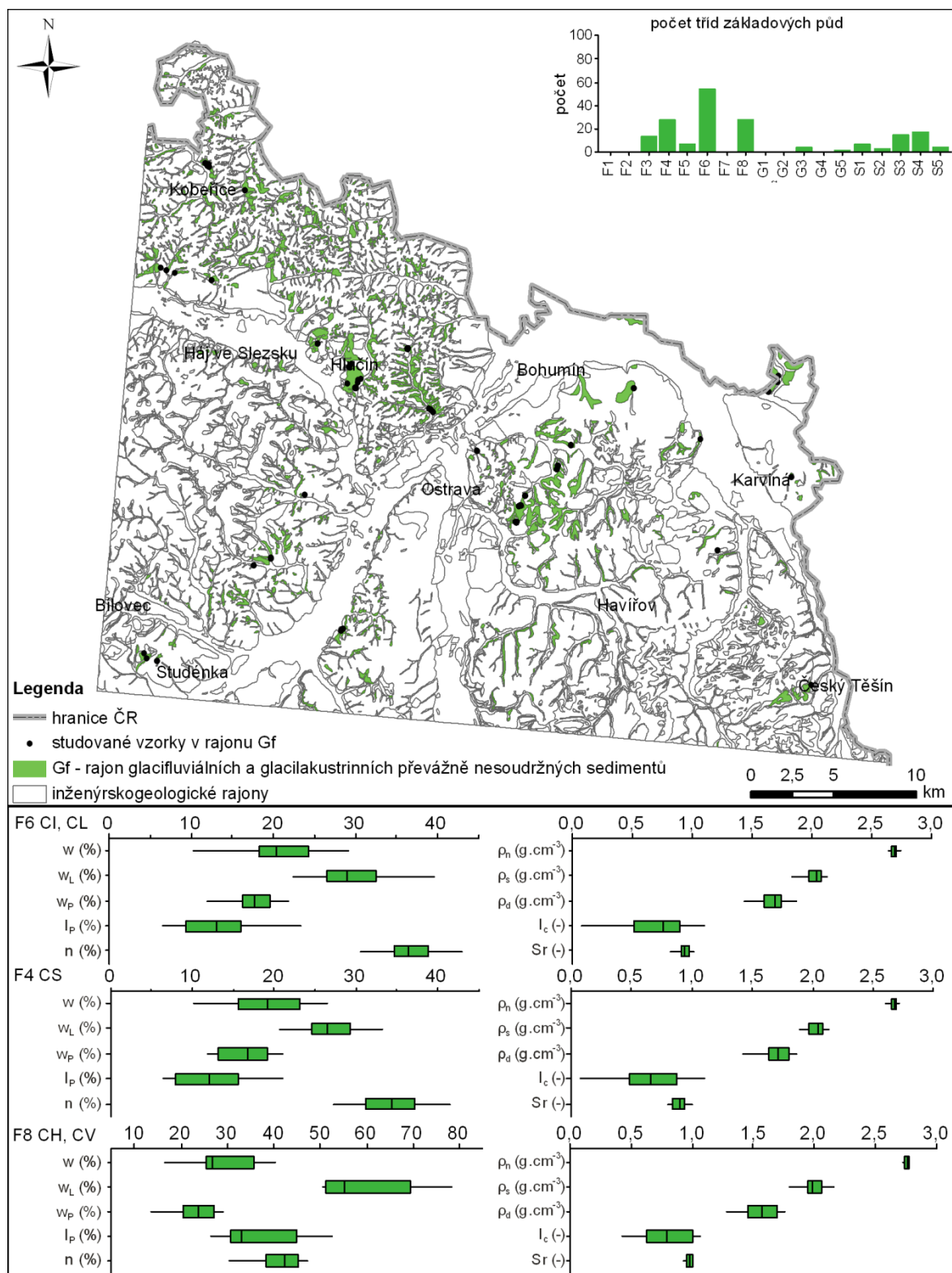
U odebraných vzorků zemin zařazených do tohoto rajonu nebyly změřeny mechanické parametry, které jsou pro posouzení vhodnosti doporučeny individuálně stanovovat v rámci podrobného průzkumu, protože se jedná o již jednou přemístěné sedimenty svahovými pohyby nebo činností vody, a tudíž není možné určit předpoklad jejich mechanického chování.

4.3.4. Rajon glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudržných sedimentů Gf

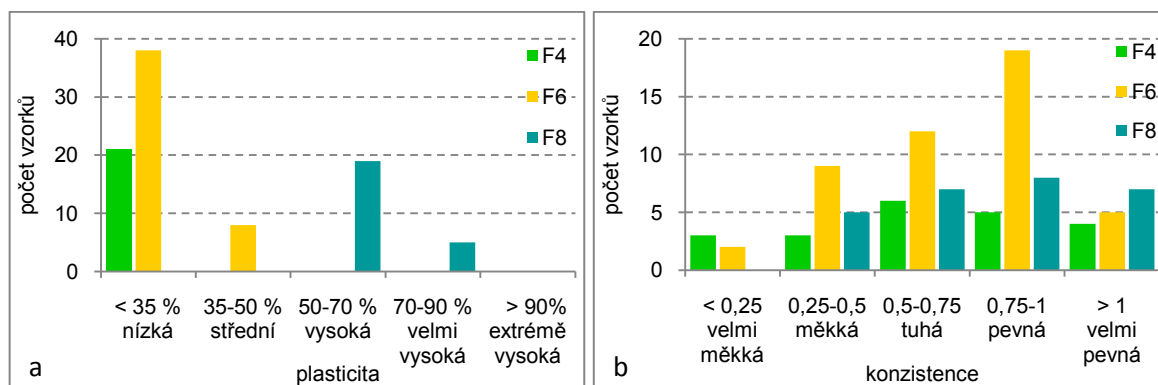
Plocha rajonu glacifluviálních a glacialakustrinních převážně nesoudržných sedimentů je 42,8 km² (3,6 % z celkové plochy v zájmové oblasti). Sedimenty jsou pleistocenního stáří a vznikaly v období saalského a elsterského zalednění. Tyto uloženiny jsou velmi rozmanité. V ostravské části se vyskytují písky, štěrky a méně písčité hlíny tříd základových půd S2 – S5, G2 – G3, F3 – F4 (Sloboda, 1990). Karvinskou část reprezentují různě mocné glacifluviální písky a štěrky, glacialakustrinní jílovité písky a jíly tříd F4 (CS), F6 (CL, CI), S1 (SW), S3 (S-F), S5 (SC), G1 (GW) a G3 (G-F), které se vyskytují v podlouhlých výchozech v údolích vodních toků (Kašpárek, 1996). Fluvioglaciální písčité štěrky, štěrkovité písky a písky s morénovými štěrky tříd G2 - G4 jsou typické pro hlučínskou a bohumínskou část, která tvoří velmi dobrou základovou půdu (Papoušek, 1986).

Ze 181 studovaných vzorků rajonu Gf, které byly odebrány v zájmovém území, mají největší podíly jíly třídy F6 (CL, CI), což je 29,8 % z celkového počtu vzorků v tomto rajonu, základové půdy třídy F4 (CS) a F8 (CH, CV) mají stejné zastoupení 14,9 % a menší podíl s počtem hodnot menším než 15 zaujímají třídy S4 (SM), S3 (S-F), F3 (MS), F6 (CL, CI), S1 (SW), G3 (G-F), S5 (SC) a S2 (SP) (obr. 25).

Jíly s nízkou plasticitou F6 (CL) převládají nad jíly se střední plasticitou F6 (CI), vysoce plastické jíly F8 (CH) se vyskytují více než jíly s velmi vysokou plasticitou F8 (CV) a písčité jíly třídy F4 (CS) mají nízkou plasticitu (graf 30a). U těchto jílů dominuje pevná a tuhá konzistence, v menší míře je zastoupena měkká a pevná konzistence, velmi měkká konzistence se objevuje v zanedbatelné míře (graf 30b).



Obrázek 25 Mapa prozkoumanosti rajonu Gf, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti



Graf 30 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 v rajonu Gf, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Gf

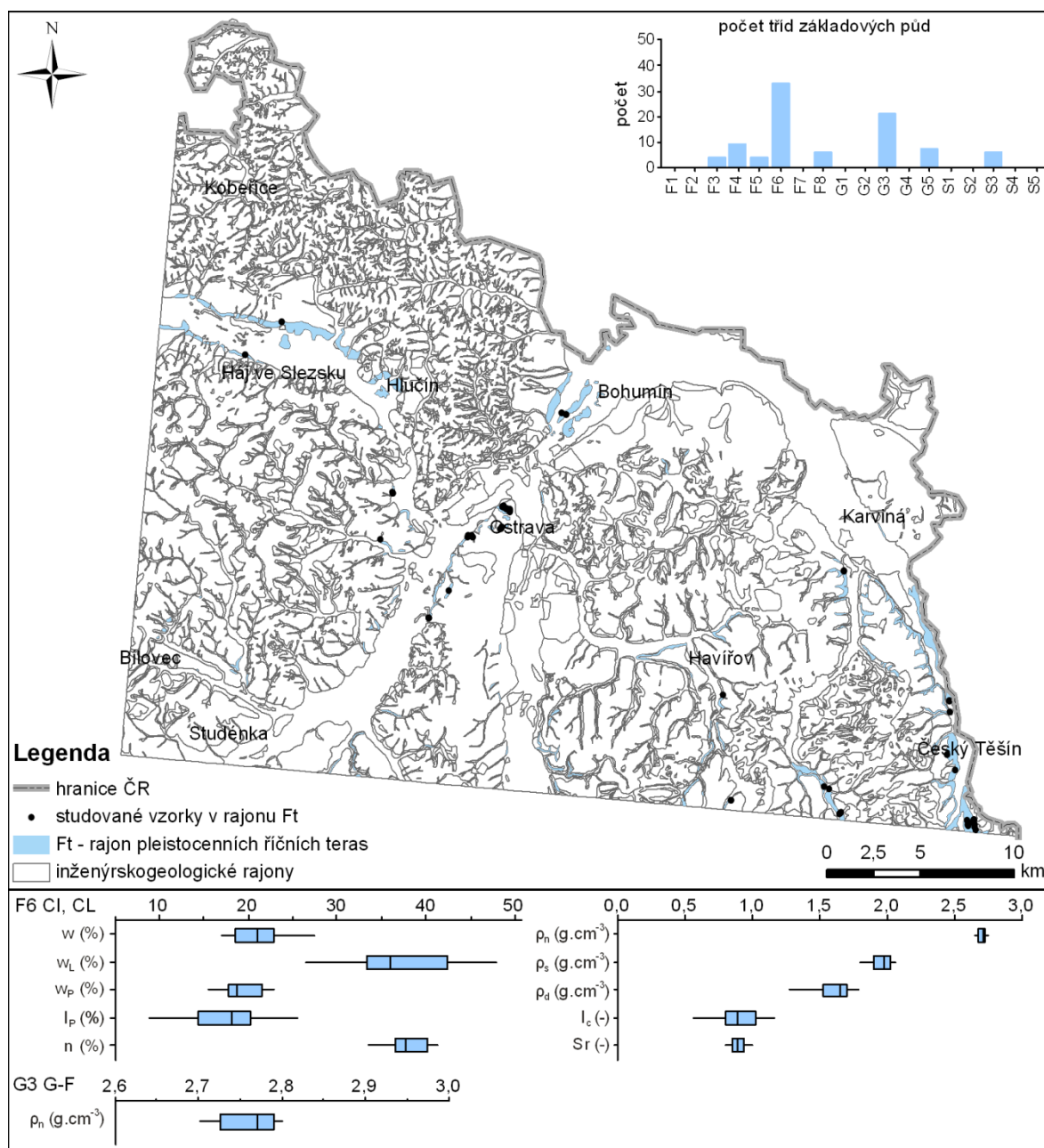
V tomto rajonu jsou na odebraných vzorcích stanoveny pouze fyzikální vlastnosti, jako tomu bylo v předchozím případě. Hodnoty objemové hmotnosti jsou ve všech případech v rozsahu $1,84 - 2,14 \text{ g.cm}^{-3}$. Zdánlivá hustota pevných částic se pohybuje v intervalu $2,6 - 2,72 \text{ g.cm}^{-3}$ pro třídu F4 (CS) a v podobném intervalu $2,64 - 2,74 \text{ g.cm}^{-3}$ pro třídu F6 (CL, CI). Hodnoty jílu třídy F8 (CH, CV), $2,72 - 2,78 \text{ g.cm}^{-3}$ jsou znatelně vyšší, což může být vlivem vyšší vlhkosti, která je u této třídy $16,3 - 40,2 \%$.

Vlhkost jílu nízké a středně plastických F6 (CL, CI) je $14,1 - 29,1 \%$ a u písčitého jílu F4 (CS) se pohybuje v rozmezí $10,2 - 26,4 \%$ (obr. 25, příloha L4). Písčité jíly F4 (CS) mají pórovitost $27,23 - 41,4 \%$ se střední hodnotou 34% , jíly třídy F6 (CL, CI) se pohybují mezi $33,6 \%$ a 43% se střední hodnotou $36,9 \%$ a nejvyšší pórovitost vykazují jíly třídy F8 (CH, CV) se střední hodnotou $41,3 \%$ a podobným intervalem $30,4 - 40,7 \%$. Nejvyšší střední hodnota stupně nasycení $0,98$ náleží jílu s vysokou a velmi vysokou plasticitou F8 (CH, CV), jíly s nízkou a střední plasticitou F6 (CL, CI) mají stupeň nasycení $0,94$ a písčité jíly F4 (CS) $0,9$.

4.3.5. Rajon pleistocenních říčních teras Ft

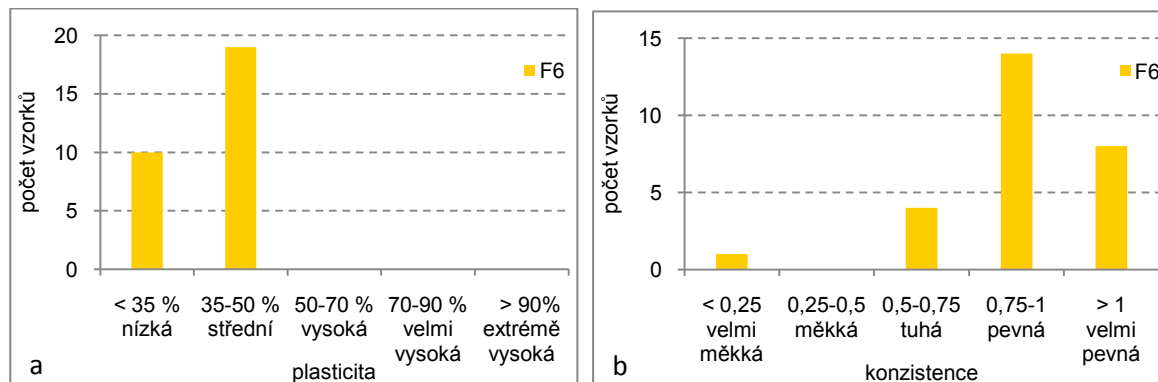
Pleistocenní fluvialní písčité štěrky, štěrky a jemnozrnné zeminy reprezentují litogenetický typ rajonu pleistocenních říčních teras a zaujímají $17,8 \text{ km}^2$ ($1,5 \%$) z celkové plochy $1197,4 \text{ km}^2$. V oblasti karvinské a ostravské části jsou základové půdy tříd G1 – G5 a S3 – S4 považovány za únosné a málo stlačitelné podle mapy inženýrskogeologického rajonování. V hlučínské části by měly převažovat jíly třídy F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV, CE), u kterých je stlačitelnost považována za nerovnoměrnou (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986). Mapy inženýrskogeologického mapování uvádějí

daleko rozmanitější složení zemin v tomto rajonu, než které vyplývá ze studovaných dat. Převažující zeminy jsou základové půdy třídy F6 (CL, CI), jejichž podíl je 33,7 %, a šterky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) s podílem 21,4 % (obr. 26). Tento rozpor může vyplývat z malé plochy rajonu a nedostatečné prozkoumanosti.



Obrázek 26 Mapa prozkoumanosti rajonu Ft, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

Jíly se střední plasticitou F6 (CI) převládají nad jíly s nízkou plasticitou F6 (CL) (graf 31a) a jejich konzistence je v největším počtu pevná, dále velmi pevná a minoritně tuhá a velmi měkká (graf 31b).



Graf 31 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F6 v rajonu Ft, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Ft

Zdánlivá hustota pevných částic základových půd třídy F6 (CL, CI) v rajonu pleistocenních říčních teras je v intervalu $2,61 - 2,75 \text{ g.cm}^{-3}$ a objemová hmotnost má rozsah hodnot od $1,8 - 2,06 \text{ g.cm}^{-3}$. Vlhkost se pohybuje v rozmezí $16,9 - 27,4 \%$, pórovitost $33,4 - 41,38 \%$ a stupeň nasycení je $0,8 - 1$. Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena také u štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) a její hodnoty jsou $2,64 - 2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ (obr. 26, příloha L5).

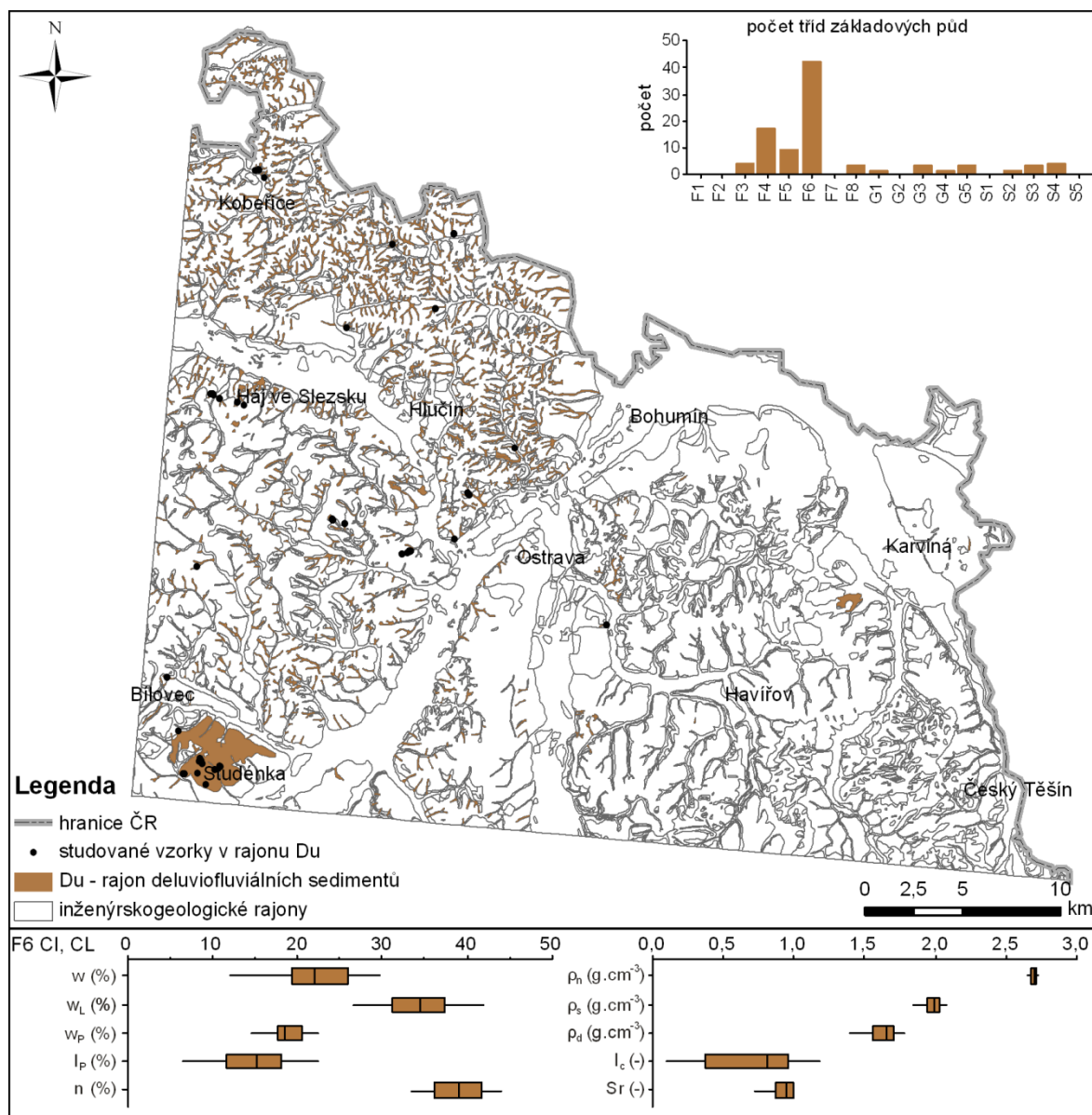
4.3.6. Rajon deluviofluviálních sedimentů Du

Rajon deluviofluviálních sedimentů tvoří $3,7 \%$ ($44,7 \text{ km}^2$) z celkové plochy zájmové oblasti. Podle map inženýrskogeologického rajonování (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986) se zde nacházejí písčitohlinité, hlinité a jílovité sedimenty stratigraficky náležící holocénu a klasifikované jako základové půdy tříd F3 – F6, F8, S4 a S5, které jsou nestejnorodé, středně až málo únosné, což znamená, že jsou málo vhodné nebo nevhodné pro zakládání.

V tomto rajonu bylo zjištěno dominantní zastoupení základových půd třídy F6 (CL, CI) (obr. 27). Dále třída F4 (CS) tvoří podíl, který je o něco významnější než ostatní ojediněle se vyskytující základové půdy, nicméně její zhodnocení bylo možné jen v případě konzistenčních stavů a zdánlivé hustoty pevných částic, jejíž hodnoty jsou $2,66 - 2,76 \text{ g.cm}^{-3}$.

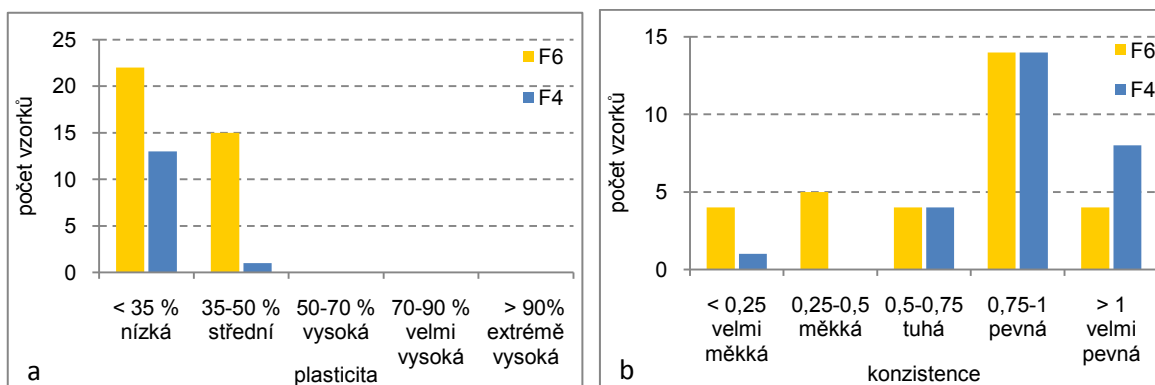
Fyzikální vlastnosti základových půd třídy F6 (CL, CI) představují vlhkost v intervalu $12 - 29,7 \%$, zdánlivá hustota pevných částic, která se pohybuje od $2,65$ do

$2,73 \text{ g.cm}^{-3}$, objemová hmotnost dosahující hodnot $1,8 \text{ g.cm}^{-3} - 2,08 \text{ g.cm}^{-3}$, pórovitost v rozsahu 33,3 – 44 % a stupeň nasycení s minimem 0,72 a maximem 1 (obr. 27, příloha L6).



Obrázek 27 Mapa prozkoumanosti rajonu Du, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

Nízce plastické jíly F6 (CL) tvoří početnější skupinu než středně plastické F6 (CI) (graf 32a). Jejich konzistence je většinou pevná a ostatní stupně konzistence jsou zastoupeny v téměř stejném počtu vzorků (graf 32b). Písčité jíly F4 (CS) jsou nízce plastické s konzistencí převážně pevnou, v menší míře velmi pevnou a minimálně tuhou a velmi měkkou.



Graf 32 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4 a F6 v rajonu Du, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Du

4.3.7. Rajony násypů, výsypek a hald, odkališť a navážek odpadů A, Ao, An a An - Ao

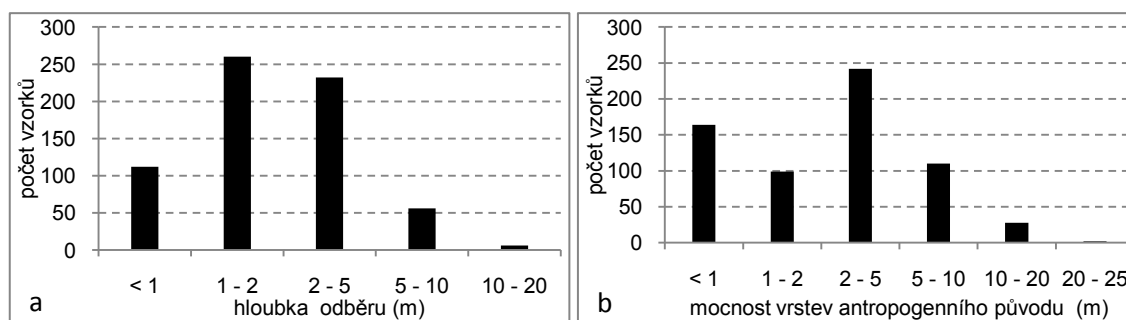
Rajony antropogenních uloženin, mezi které patří rajon násypů, výsypek a hald An, rajon odkališť a navážek odpadu Ao, rajon navážek a skládek A a rajon násypů, hald a odkališť An – Ao, tvoří antropogenní uloženiny. Ty byly a jsou spojeny hlavně s báňským a hutním průmyslem a se stavebnictvím. Zeminy jsou klasifikovány jako nevhodné pro zakládání. Vzhledem k jejich rozšíření, což je 55,3 km² z celkové plochy zájmového území (4,4 %), a faktu, že inženýrskogeologické mapy vznikaly v 90. letech 20. století, je zřejmé, že pokrytí těmito uloženinami je v dnešní době daleko rozsáhlejší. Podle způsobu využití území a mocnosti navážek je nutné vyhodnotit podrobným průzkumem geologické prostředí a fyzikálně-mechanické vlastnosti, a to pro nepředvídatelnost chování těchto základových půd a nízkou prozkoumanost, a případně uvažovat o možnostech zlepšení základových podmínek.

Podle klasifikace ČSN 73 1001 jsou tyto zeminy pojmenovány jako sypaniny zemního materiálu, označeny symbolem Y, a složiště odpadů Z. Jmenovitě to jsou:

- navážky a skládky v rajonu A v bohumínské části,
- karbonská hlušina, struska a popílek třídy Y a Z v rajonu An v ostravské části,
- antropogenní uloženiny, stavební rum, tuhý a komunální odpad třídy Y a Z v rajonu Ao v ostravské části,
- karbonská hlušina, struska, škvára, popílek a jiné typy antropogenních uloženin třídy Y v rajonu An-Ao v karvinské části,
- antropogenní násypy, navážky stavebního a komunálního odpadu třídy Y a Z v hlučinské části.

Všechny tyto zeminy byly označeny souhrnným symbolem Y.

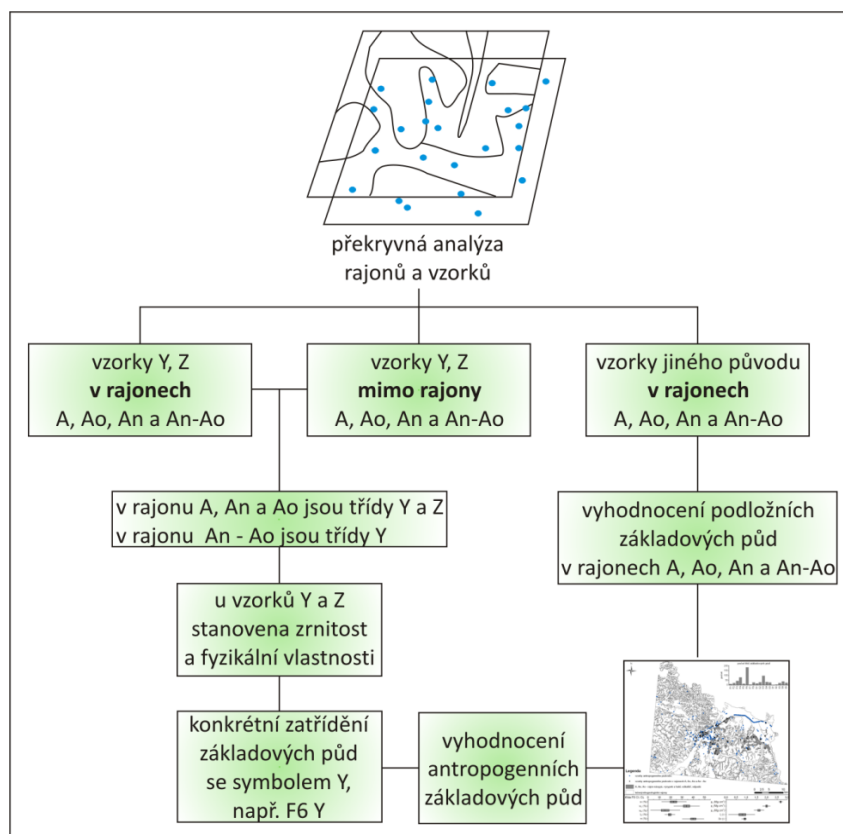
Do rajonů A, Ao, An a An – Ao bylo zařazeno 1231 vzorků, z čehož je 156 vzorků antropogenního původu a 1075 jiného genetického původu. Dalších 531 vzorků antropogenního charakteru se nachází v jiných rajonech. Jelikož se jde o specifickou skupinu zemin relativně snadno rozlišitelnou, nepředpokládá se chyba zařazení, nicméně se musí zohlednit nejen tato chyba, ale i možnost špatné lokalizace atd., a tudíž platí to, co pro rajon Sf, že ověření je možné pouze novým průzkumem nebo mapováním. Vzorky byly odebírány z různých hloubek, místy se jedná o povrchovou vrstvu do 1 m (25,4 % ze studovaných vzorků antropogenního původu) a místy o mocnější vrstvy 2 - 5 m (37,5 %), jak je patrné z grafu 33a a 33b. Vzorky s jiným genetickým typem jsou podložní vrstvy antropogenních navážek, které zasahují do různých hloubek.



Graf 33 a) Hloubka odběru vzorků antropogenního původu; b) Mocnost vrstev antropogenního původu

Výsledky jsou rozděleny do dvou skupin (obr. 28). První jsou vlastnosti základových půd antropogenního původu v rajonech A, Ao, An a An – Ao i mimo ně, a jelikož na nich byly prováděny laboratorní analýzy a výsledkem jsou mimo fyzikální vlastnosti i křivky zrnitosti, byly klasifikovány do tříd základových půd s přidáním symbolu Y, např. F6 Y (CL, CI).

Mechanické parametry u jednotlivých tříd byly stanoveny v zanedbatelné míře nebo vůbec ne. Druhý soubor dat tvoří fyzikálně-mechanické vlastnosti podložních zemin, jež se vyskytují v rajonech A, Ao, An a An – Ao a které jsou pouze kvarterního stáří, protože základové půdy zařazené do neogénu jsou vyhodnoceny zvlášť podobně jako karbonské sedimenty.

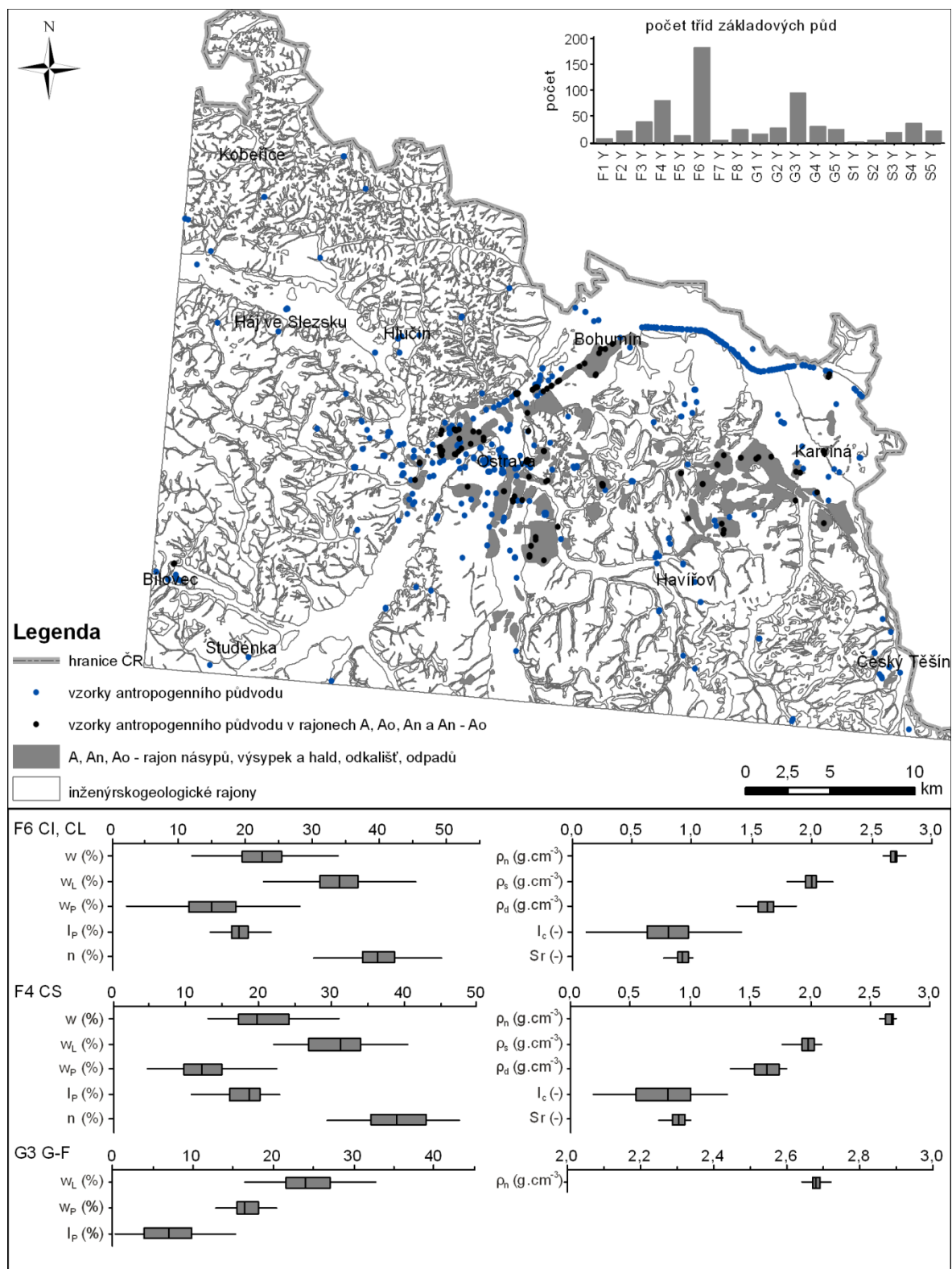


Obrázek 28 Postup vyhodnocení antropogenních základových půd a jejich podložních základových půd v rajonech A, Ao, An a An-Ao

Základové půdy antropogenního původu v zájmovém území

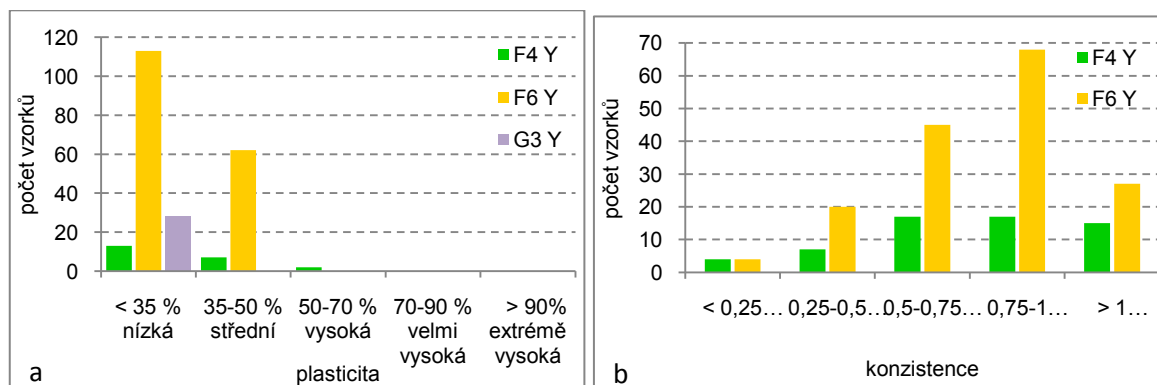
Základové půdy antropogenního původu představují 7 % z celkového počtu studovaných vzorků. Zeminy jsou převážně klasifikovány do třídy F6 Y (CL, CI), jejíž podíl je 29 % z celkového počtu antropogenních uloženin, do třídy G3 Y (G-F) s podílem 14,8 % a do třídy F4 Y (CS) s podílem 12,5 %. Ostatní třídy jsou zde zastoupeny minimálně, s počtem vzorků menším než 10 (obr. 29).

U písčitých jííl byla naměřena vlhkost v intervalu 13,1 – 31,1 % a pórovitost 29,4 – 47,7 %. U jííl třídy F6 Y (CL, CI) se vlhkost pohybuje v hodnotách 10,31 – 33,81 % a pórovitost 30,11 – 49,4 %. Zdánlivá hustota pevných částí třídy F4 Y (CS) je v rozmezí od 2,55 do 2,72 g.cm⁻³, od 2,58 do 2,78 g.cm⁻³ pro třídu F6 Y (CL, CI) a v intervalu 1,95 – 2,82 g.cm⁻³ pro třídu G3 Y (G-F). Třída F4 Y (CS) má rozsah objemové hustoty v hodnotách 1,76 – 2,1 g.cm⁻³ a třída F6 Y (CL, CI) 1,79 – 2,17 g.cm⁻³ (obr. 29, příloha L7). Tyto fyzikální vlastnosti zemin antropogenního původu nejsou nijak zvlášť rozdílné v porovnání s jinými genetickými typy.



Obrázek 29 Mapa prozkoumanosti zemin antropogenního původu, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

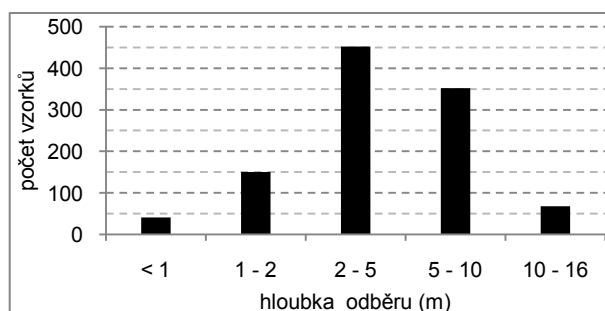
Jíly s nízkou plasticitou F6 Y (CL) jsou početnější než jíly se střední plasticitou F6 Y (CI) a písčité jíly F4 Y (CS) jsou také nízce a středně plastické se zanedbatelným výskytem vysoké plasticity. Jemnozrnné zeminy tvořící příměs štěrků třídy G3 Y (G-F) mají nízkou plasticitu (graf 34a). Konzistence je u třídy F6 Y (CL, CI) ze 42 % pevná, z 28 % tuhá a menšinový podíl mají ostatní stupně konzistence. Třída F4 Y (CS) vykazuje ve shodném počtu konzistenci tuhou, pevnou a velmi pevnou, méně se vyskytuje měkká a velmi měkká konzistence (graf 34b).



Graf 34 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4 Y a F6 Y, b) Graf konzistence studovaných vzorků tříd

Podložní základové půdy v rajonech násypů, výsypek a hald, odkališť a navážek odpadů A, Ao, An a An - Ao

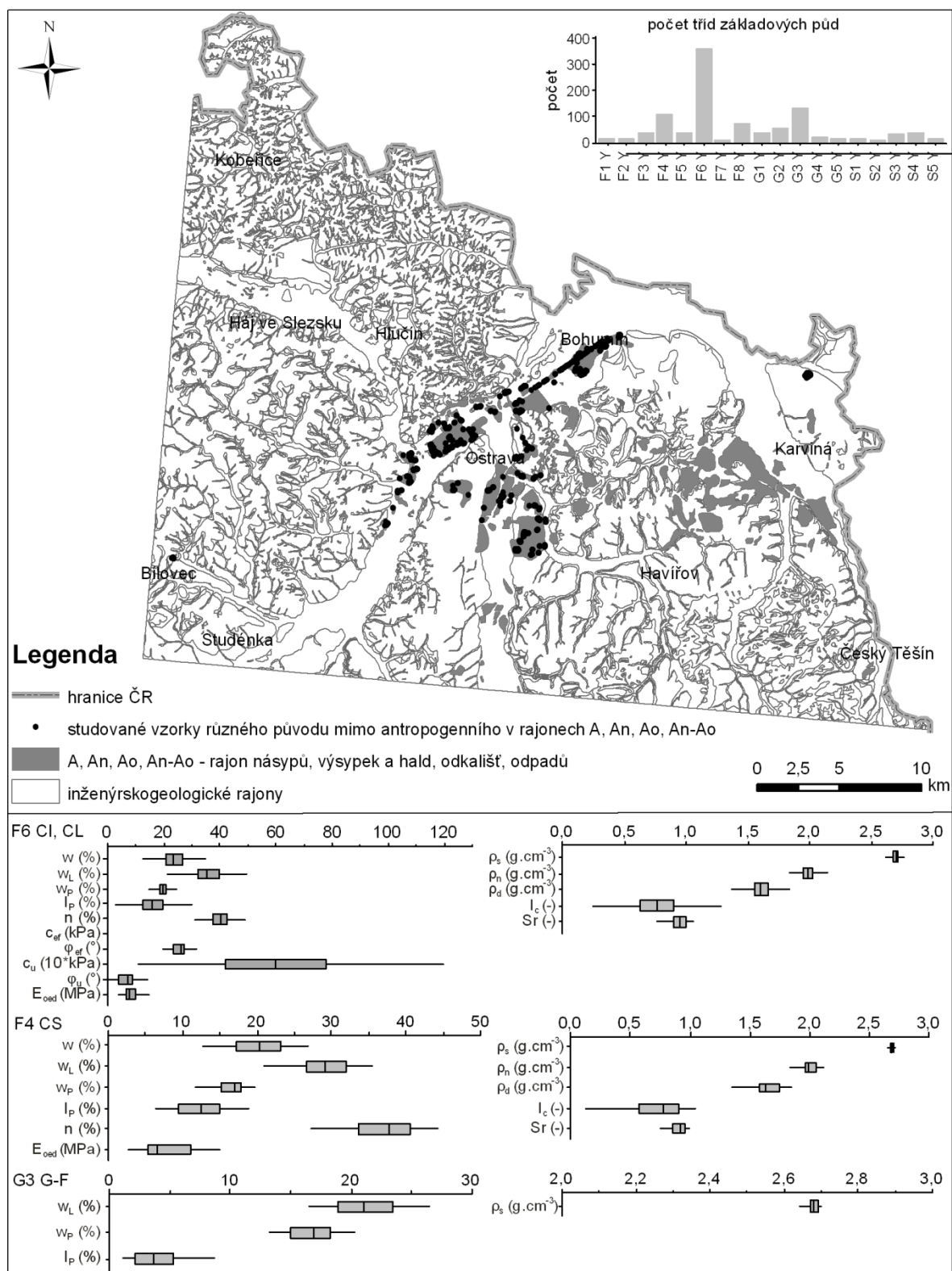
Základové půdy reprezentované studovanými vzorky a zařazené do těchto rajonu jsou v závěrečných zprávách geologických průzkumů označovány jako fluviální, ledovcové, svahové a eolické. Jejich hloubka se pohybuje od 0,5 m, s nadloží humózních hlín a travních drnů, do 30 m, kde je mocnost antropogenní navážky různá (graf 33b). Největší počet studovaných vzorků je odebrán z hloubky 2 – 5 m, což je 42 % z celkového počtu těchto základových půd, a z hloubky 5 – 10 m, která se vyskytuje u 32,7 % (graf 35).



Graf 35 Počet studovaných vzorků antropogenního původu v intervalech hloubky jejich odběru

Podobně jako u všech ostatních rajonů převládá i v těchto podložních základových půdách třída F6 (CL, CI) (33,5 % ze všech vzorků v rajonech A, Ao, An a An – Ao),

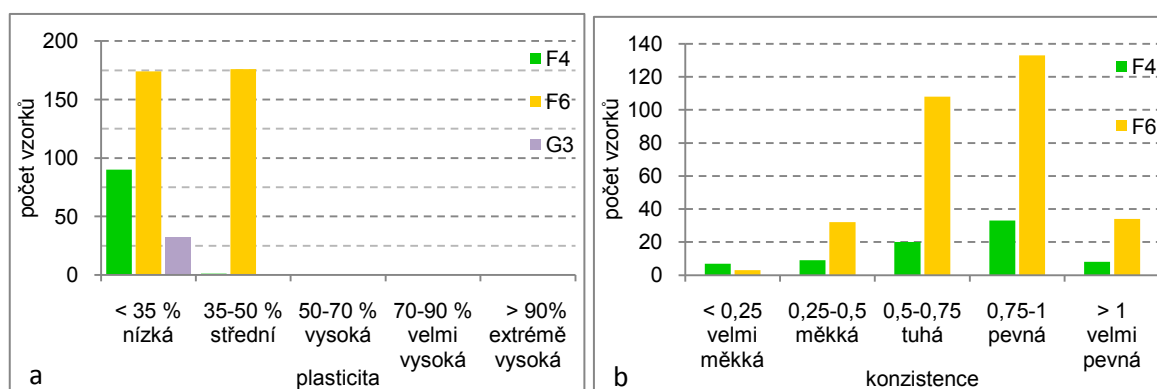
malou část tvoří písčité jíly F4 (CS) s procentuálním zastoupením 9,9 % a šterky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) s 11,9 % (obr. 30).



Obrázek 30 Mapa prozkoumanosti podločních zemín v rajonu A, Ao, An a An-Ao, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti

Vzhledem k vyššímu počtu vzorků odebraných v těchto rajonech pod antropogenními uloženinami byly u tříd základových půd F4 (CS) a F6 (CL, CI) stanoveny nejen fyzikální, ale i mechanické vlastnosti. Nízce a středně plastické jíly jsou zastoupeny ve stejném počtu (graf 36a), písčité jíly jsou nízce plastické, střední plasticita se vyskytuje u 1 % vzorků ze všech studovaných v těchto rajonech a jemnozrnná zemina ve štěrčích třídy G3 (G-F) je také nízké plasticity.

Konzistence byla u 42,9 % jílů třídy F6 (CL, CI) zjištěna pevná, u 34,8 % tuhá a u zbylých 22,3 % je zaznamenána konzistence velmi pevná, měkká a velmi měkká (graf 36b). Obdobné podíly vzorků pro jednotlivé stupně konzistence i ve stejném pořadí platí pro písčité jíly.

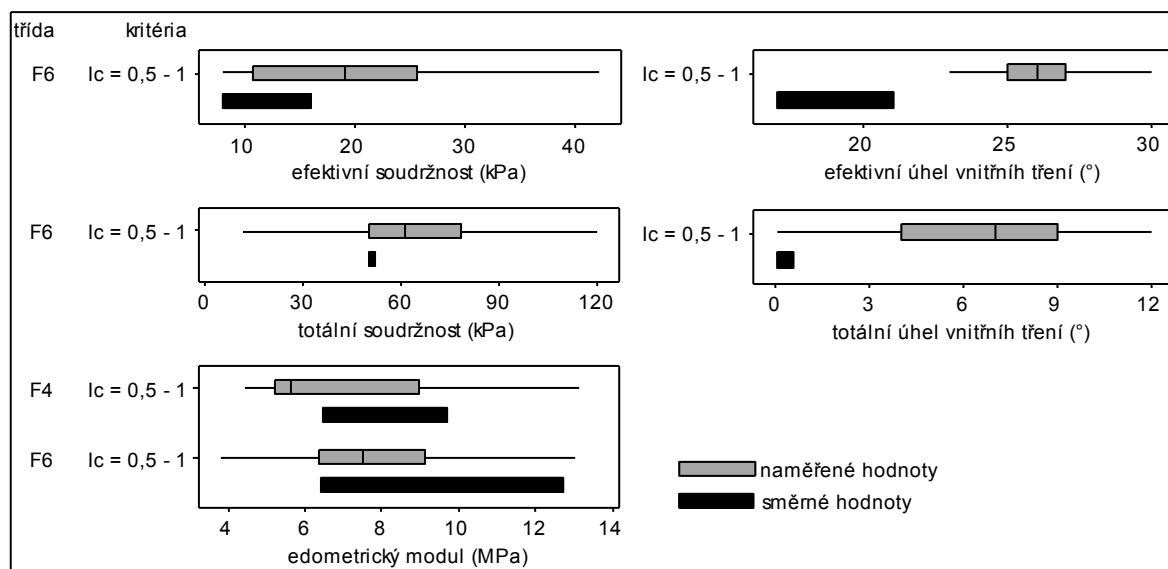


Graf 36 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a G3 podložních základových půd rajonů A, Ao, An a An-Ao , b) Graf konzistence studovaných vzorků podložních základových půd rajonů A, Ao, An a An-Ao

Vlhkost se pohybuje od 12,7 do 26,8 % pro písčité jíly F4 (CS) a 12,8 – 35,9 % pro třídu F6 (CL, CI). Pórovitost má třída F4 (CS) nižší 27,24 – 44,3 % než třída F6 (CL, CI) 30,9 – 49,8 % (obr. 30, příloha L8). U základových půd třídy F4 (CS) byla stanovena zdánlivá hustota pevných částic v intervalu 2,65 – 2,73 g.cm⁻³, podobně u třídy F6 (CL, CI) 2,62 – 2,77 g.cm⁻³ a u štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) 2,64 – 2,7 g.cm⁻³. Střední hodnota stupně nasycení pro třídu F4 (CS) byla stanovena 0,92 a pro třídu F6 (CL, CI) 0,95. Smykové parametry zastoupeny soudržností a úhlem vnitřního tření jsou následující: $c_{ef} = 0 - 60$ kPa a $\varphi_{ef} = 22^\circ - 30,1^\circ$ pro třídu F4 (CS) a $c_{ef} = 0 - 40$ kPa, $c_u = 10 - 120$ kPa, $\varphi_{ef} = 19,9^\circ - 31,76^\circ$ a $\varphi_u = 0^\circ - 14^\circ$ pro třídu F6 (CL, CI). Edometrický modul je nižší 2,62 – 14,9 MPa se střední hodnotou 6,2 MPa než u třídy F6 (CL, CI), který je v intervalu hodnot od 3,75 – 15,74 se střední hodnotou 7,72 MPa.

Po rozdělení mechanických vlastností třídy F4 (CS) a F6 (CL, CI) podle konzistence a porovnání se směrnými normovými charakteristikami vykazují podložní

základové půdy v těchto rajonech lepší efektivní i totální smykové parametry (obr. 31). Edometrický modul třídy F4 (CS) v rozpětí 4,44 – 13,1 MPa zasahuje do směrných hodnot 6,45 – 9,68 MPa, ale první kvartil 5,2 MPa a střední hodnota 5,63 MPa je nižší. Pro třídu F6 (CL, CI) tuhé konzistence byl zjištěn edometrický modul v intervalu 3,8 – 13 MPa, směrné hodnoty jsou 6,38 – 12,7 MPa. Výsledky porovnání místních a normových hodnot jsou v tabulkové podobě v příloze M3.

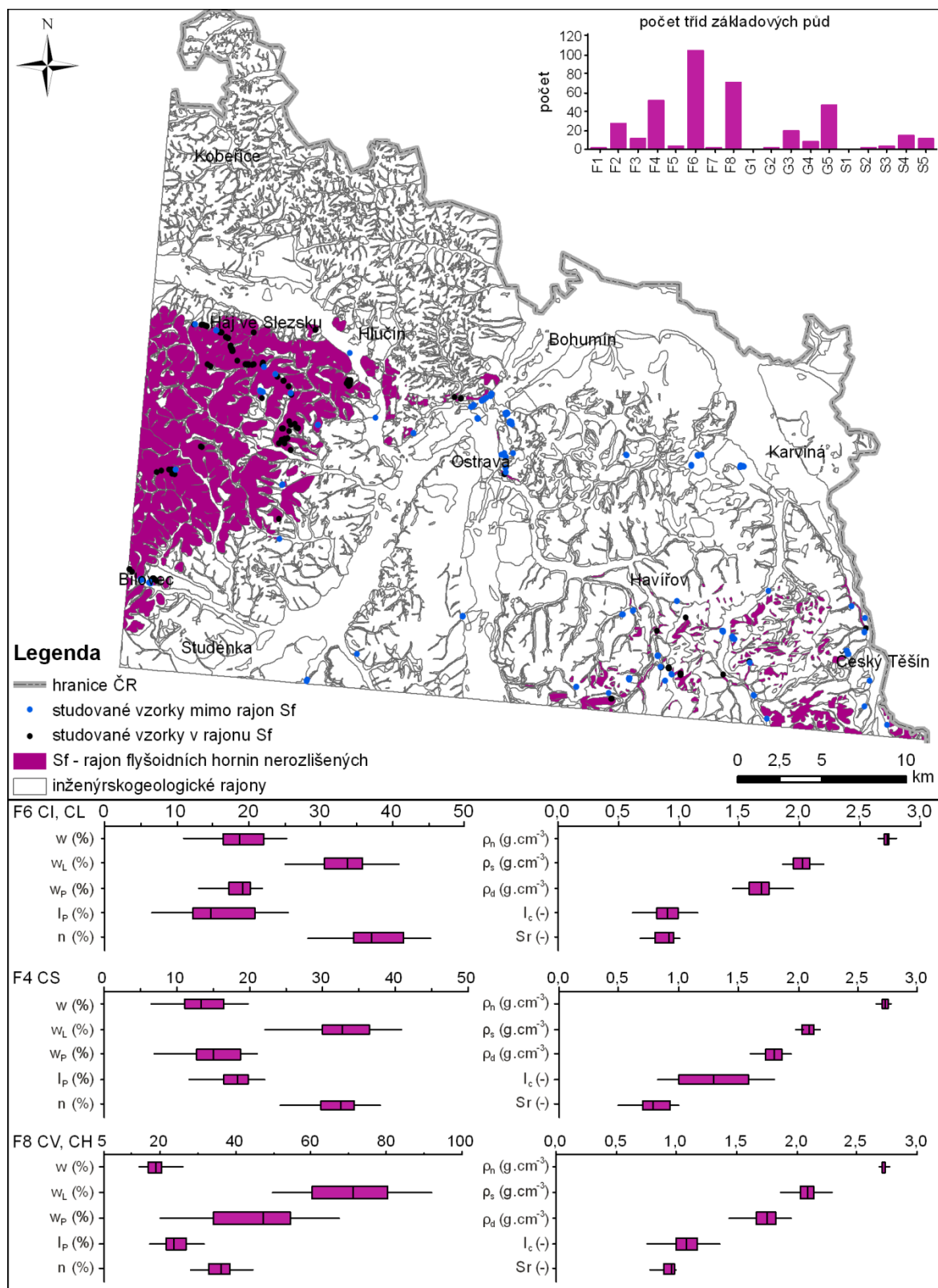


Obrázek 31 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot podložních základových půd v rajonu A, Ao, An a An – Ao

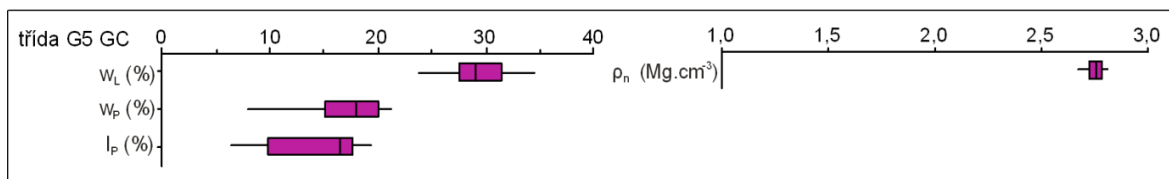
4.3.8. Rajon flyšoidních hornin nerozlišených Sf

Litologickými typy rajonu flyšoidních hornin nerozlišených, který plošně zaujímá 10,4 % (124,6 km² z celkové plochy), jsou paleozoické jílovce, prachovce, droby, drobové pískovce, pískovce karbonského stáří hradecko-kyjovického a ostravského souvrství, křídové pelity, silty a pískovce slezské a podslezské jednotky vněkarpatských příkrovů ve flyšovém vývoji těšínsko-hradišťského souvrství a karbonské břidlice a písčité horniny s mocnějším zvětralinovým pláštěm v severozápadní části zájmové oblasti. Všechny výše uvedené horniny byly zaznamenány v zájmovém území v různém stupni zvětrání nebo v podobě eluvií a mají charakter zemin a úlomků hornin. Proto jsou studované vzorky klasifikovány jako zeminy. Třídy skalních hornin jsou uváděny pouze pro vrstvy v geologických profilech vrtů.

Překryvnou analýzou bylo zjištěno, že 160 vzorků předkvartérního původu je přiřazených do rajonu Sf, ale 218 vzorků leží mimo oblasti tohoto rajonu (obr. 32).



Obrázek 32 Mapa prozkoumanosti rajonu Sf, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

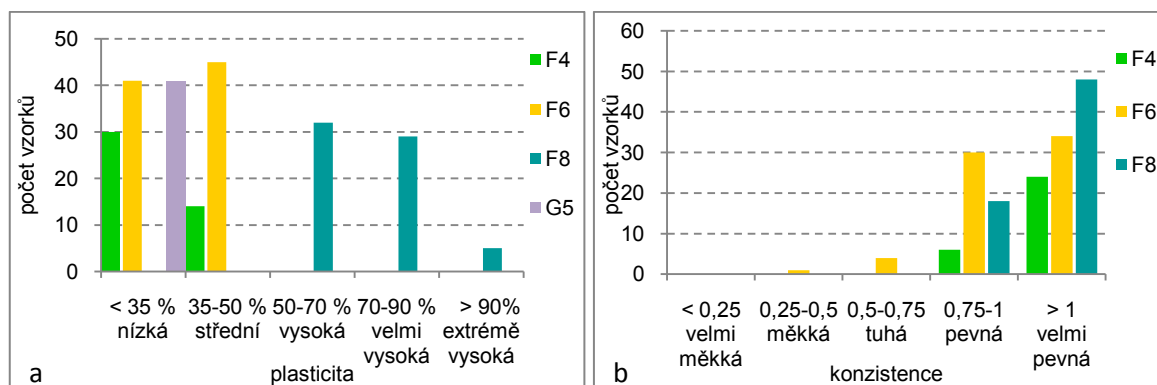


Pokračování obrázku 32 Mapa prozkoumanosti rajonu Sf, počet tříd základových půd a jejich fyzikální vlastnosti

Tyto horniny jsou také podle petrografického popisu zemin a hornin geologických profilů v závěrečných zprávách stejného charakteru jako výše popsané litologicko-genetické typy daného stratigrafického zařazení. Jedním z vysvětlení je, že na horninách tohoto typu jsou uloženy nadložní kvarterní sedimenty o dostatečné mocnosti, takže rajon byl vymezen podle nich, a předkvarterní horniny jsou ve větších hloubkách s vyznačením jejich charakteru v podrajonech, čemuž ale neodpovídají hloubky odběrů vzorků již od 0,9 m. Chyba v opisu dat do databáze byla vyloučena kontrolou. Dalším objasněním může být chyba při popisu vrtného jádra v rámci podrobného geologického popisu nebo chyba při mapování a vymezení rajonu. Tyto sporné body lze ověřit pouze novým průzkumem nebo mapováním. Vzhledem k tomu, že již při různých průzkumech byly hranice rajonů zachyceny jinde podle zkušeností geologických firem a mapování nepodává tak přesné výsledky o geologickém prostředí, zejména co se týče hloubky, byly tyto vzorky ve vyhodnocení ponechány.

Studované vzorky byly z 27,5 % klasifikovány jako základové půdy třídy F6 (CL, CI). Třída F8 (CH, CV) představuje 18,6 %, písčité jíly F4 (CS) 13,6 % a jílovité šterky G5 (GC) 12 %. Menšinový podíl mají šterkovité jíly F2 (CG) 7,3 % a šterky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) 5,2 %. Ostatní třídy základových půd jsou zanedbatelné (obr. 32).

Základové půdy třídy F6 (CL, CI) jsou ve stejném poměru nízce a středně plastické, což platí i u třídy F8 (CH, CV) pro vysokou a velmi vysokou plasticitu (graf 37a). Extrémně vysoká plasticita je stanovena u 7 % ze všech vzorků třídy F8 CE. Písčité jíly F4 (CS) jsou převážně nízce plastické a méně středně plastické. Plasticita jílovitých šterků G5 (GC) je u všech nízká. Konzistence je u téměř stejného počtu vzorků třídy F6 (CL, CI) pevná a velmi pevná a minimálně se vyskytují tuhé jíly. U třídy F8 (CH, CV) převládá velmi pevná konzistence a pevná byla naměřena u 27 %. Písčité jíly F4 (CS) jsou z 80 % velmi pevné konzistence a z 20 % pevné (graf 37b).



Graf 37 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6, F8 a G5 v rajonu Sf, b) Graf konzistence studovaných vzorků v rajonu Sf

Konzistenční stavy u jílu indikují malý obsah vody, což je zřejmé i z nízké vlhkosti, která je ve třídě F4 (CS) v intervalu 6,4 – 19,8 %, ve třídě F6 (CL, CI) se pohybuje v rozmezí hodnot 9,9 – 27,7 % a u jílu třídy F8 (CH, CV) je 14,2 – 26,3 % (obr. 32, příloha F6).

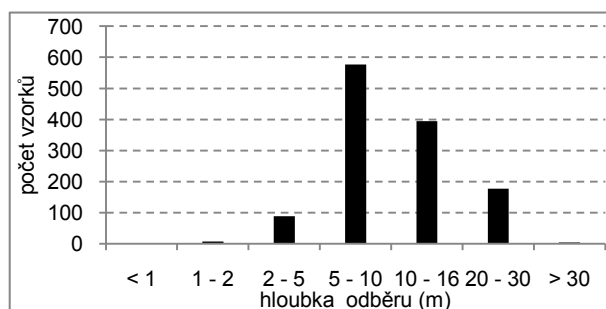
U všech tříd jsou minima pórovitosti stejná 28 %, maximum je u písčitého jílu F4 (CS) 37,9 % a ve třídě F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV) podobné 45,6 % a 47,8 %. Třída F4 (CS) má stupeň nasycení 0,74 – 1, třída F6 (CL, CI) 0,74 - 1 a třída F8 (CH, CV) 0,78 – 1, takže se výrazně neliší, ale ve středních hodnotách rozdíly jsou: $S_r = 0,79$ pro třídu F4 (CS), $S_r = 0,87$ pro třídu F6 (CL, CI) a $S_r = 0,96$ pro třídu F8 (CH, CV). Na 12 vzorcích třídy F8 (CH, CV) byl naměřen edometrický modul, jehož rozpětí pokládáno za orientační je 10 – 22,8 MPa.

4.3.9. Rajon střídajících se jemnozrnných, písčitých a štěrkovitých sedimentů Nk, rajon miocénních sedimentů Nj a základové půdy neogenního původu jako podloží inženýrskogeologických rajonů

Rajon střídajících se jemnozrnných, písčitých a štěrkovitých sedimentů Nk zaujímá plochu 0,33 km², což je 0,03 % z celkového zájmového území. V tomto rajonu je odebraných vzorků 10, takže vyhodnocení není reprezentativním výstupem. Z pohledu inženýrskogeologických poměrů rajon Nk vystihuje svým popisem neogenní podloží stejně jako rajon miocénních sedimentů Nj, který je vymezen v hlučínské části zájmového území o ploše 0,33 km² (0,027 %), což je ověřeno informacemi z databáze.

Mořské vápnité jíly a jílovce s polohami jemných písků vněkarpatské předhlubně miocénního stáří jsou klasifikovány do tříd F4, F6, F8, S3 – S5 (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžicka, 1989, Papoušek, 1986). Jsou náchylné k objemovým změnám jako je bobtnání a rozbředání a jsou velmi málo propustné. Tyto zeminy jsou vhodné pro nenáročné stavby.

Hloubka odebraných vzorků neogenního původu se převážně pohybuje od 2 do 30 m, v hloubce 0,15 byly neogenní sedimenty zastihnuty v jednom případě a do 2 m v sedmi vrtech. Většinou jsou studované vzorky z hloubky 5 – 10 m a 10 – 20 m (graf 38).



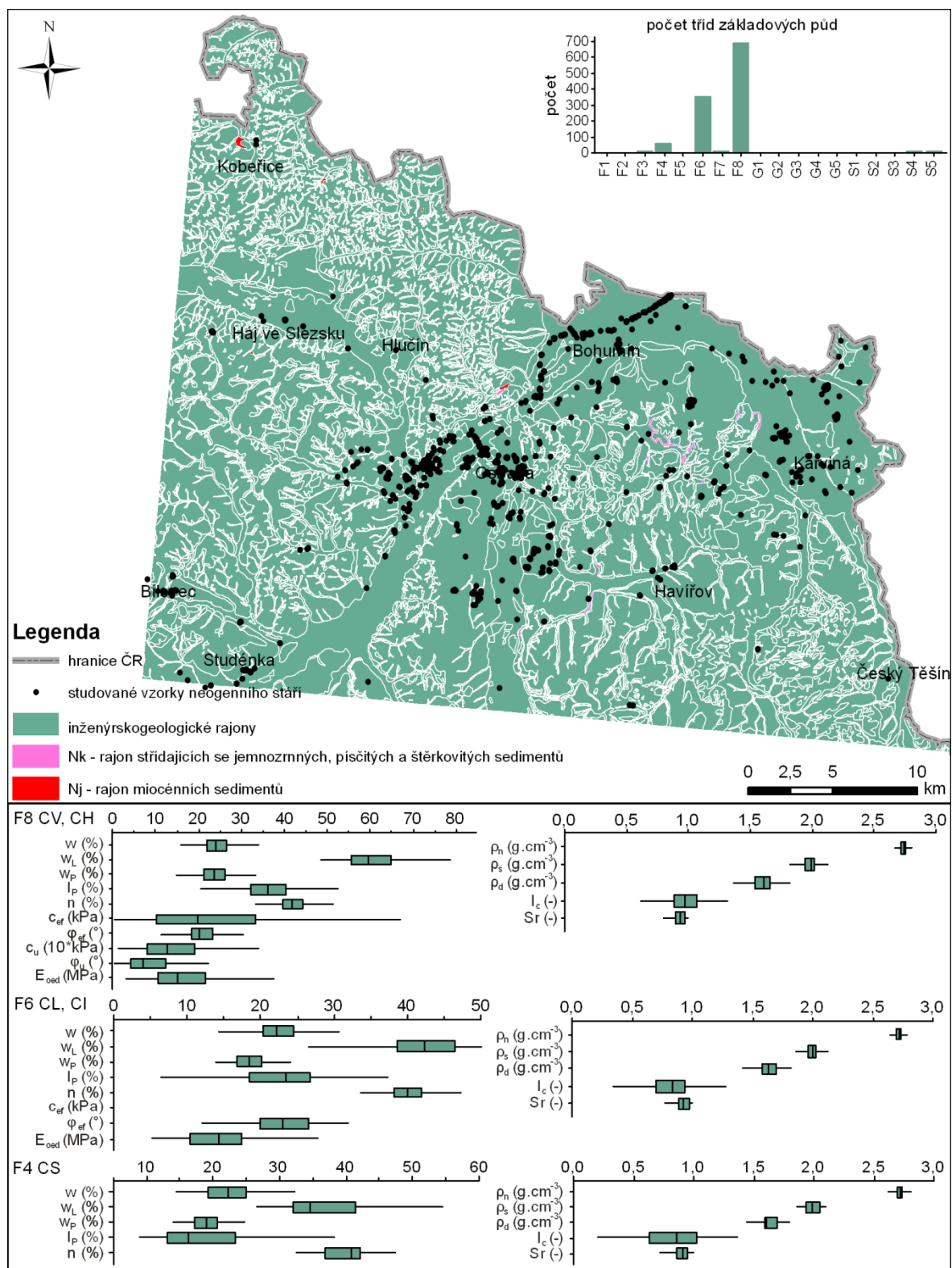
Graf 38 Počet studovaných vzorků neogenního původu v intervalech hloubky jejich odběru

V podkapitole 3.3. (Zařazení základových půd podle genetických typů) je vysvětlen způsob přiřazení neogenního původu studovaným vzorkům. Podíl těchto základových půd je 11 % z celkového počtu vzorků. V podkapitole 4.1. (Jemnozrnné základové půdy) byly výsledky fyzikálně-mechanických vlastností po statistických analýzách i s ostatními genetickými typy použity pro vyhodnocení a porovnání vlastností jednotlivých tříd základových půd.

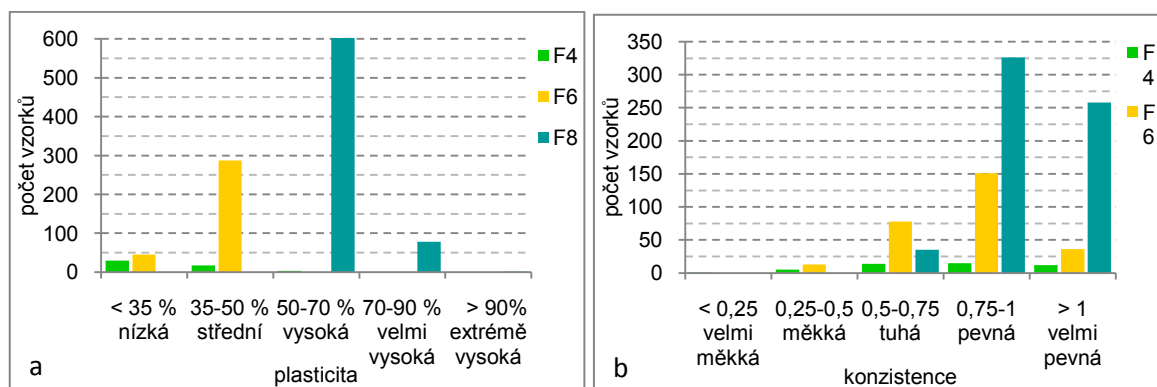
Zde jsou detailněji uvedeny vlastnosti převládajících základových půd (výsledky statistického zhodnocení viz příloha F5), jimiž jsou z 60,5 % jíly třídy F8 (CH, CV), jíly třídy F6 (CL, CI) s podílem 31,4 % a jíly třídy F4 (CS) s 5% zastoupením. Třídy F3 (MS), F7 (MH, MV, ME), S4 (SM) a S5 (SC) vcelku nedosahují ani 3,1 % (obr. 33).

Graf 39a potvrzuje plasticitu u tříd F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV, CE) a ukazuje, že písčité jíly F4 (CS) jsou nízce a středně plastické, 86,4 % jílu třídy F6 je středně plastických a 88,3 jílu třídy F8 je vysoce plastických. Konzistence třídy F4 (CS) je s nepatrným rozdílem v počtu tuhá, pevná a velmi pevná a velmi měkká u jednoho vzorku a u pěti vzorků měkká (graf 39b). Jíly třídy F6 (CL, CI) jsou konzistence pevné (54,3 %), tuhé (28,1 %) a v minimálním počtu velmi pevné a měkké. Jíly s vysokou, velmi vysokou

a extrémně vysokou plasticitou (CH, CV, CE) jsou z 52,7 % konzistence pevné, 41,7 % je konzistence velmi pevné a zbylá část vzorků této třídy je tuhá.



Obrázek 33 Mapa prozkoumanosti základových půd neogenního stáří, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti



Graf 39 a) Graf plasticity studovaných vzorků tříd F4, F6 a F8 neogenního stáří, b) Graf konzistence studovaných vzorků neogenního stáří

Hodnoty vlhkosti třídy F4 a F6 jsou podobné v intervalech 14,4 – 32,3 % a 13,4 – 32 % a mají stejnou střední hodnotu 22,2 %, což platí i pro pórovitost, jejíž interval je 33 – 48 % a střední hodnota 40 %. Obsah vody v základových půdách třídy F8 se pohybuje od 14,1 % do 34,4 % se střední hodnotou o něco vyšší 24,1 % a pórovitostí mezi 33 % a 51,8 % (obr. 33, příloha F5).

Všechny tři třídy mají podobné výsledky i v případě zdánlivé hustoty pevných částic, kde jsou minima mezi 2,61 g.cm⁻³ a 2,65 g.cm⁻³ a maxima 2,72 – 2,74 g.cm⁻³ se střední hodnotou u třídy F8 vyšší 2,74 g.cm⁻³ než u tříd F4 (CS) a F6 (CL, CI) 2,71 g.cm⁻³ a 2,72 g.cm⁻³. Střední hodnota objemové hmotnosti je u všech tříd 2 g.cm⁻³. Stupeň nasycení je v intervalu 0,63 – 1 ve třídě F4 (CS), 0,76 – 1 ve třídě F6 (CL, CI) a 0,79 – 1 ve třídě F8 (CH, CV).

Efektivní smykové parametry základových půd třídy F6 (CL, CI) jsou podobné jako u třídy F8 (CH, CV): $c_{ef} = 0 - 59$ kPa, $\varphi_{ef} = 12^\circ - 32^\circ$ pro třídu F6 (CL, CI) a $c_{ef} = 0 - 67$ kPa, $\varphi_{ef} = 11^\circ - 30^\circ$ pro třídu F8 (CH, CV). V porovnání s jíly třídy F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV) v rajonu Fn a třídy F6 (CL, CI) v rajonu Lp je efektivní soudržnost větší. Úhel vnitřního tření má v intervalu minima v nižších hodnotách než jíly třídy F6 (CL, CI) v rajonu Fn a Lp, ale stejné hodnoty pro třídu F8 rajonu Fn. Efektivní hodnoty písčitých jílu jsou vzhledem k počtu vzorků orientační. Totální soudržnost je naměřena u jílu třídy F6 (CL, CI) 17 – 250 kPa a u jílu třídy F8 (CH, CV) 100 – 340 kPa. Totální úhel vnitřního tření se pohybuje v intervalu 0° – 15,1° pro třídu F6 (CL, CI) a 0° – 22° pro třídu F8 (CH, CV). U jílu třídy F6 (CL, CI) jsou výsledky podobné jílu v rajonu Fn. Poslední mechanickou vlastností stanovenou na studovaných vzorcích neogenního původu je edometrický modul (obr. 33). Největší rozpětí je u třídy F8 (CH, CV) a to 3 – 38,8 MPa.

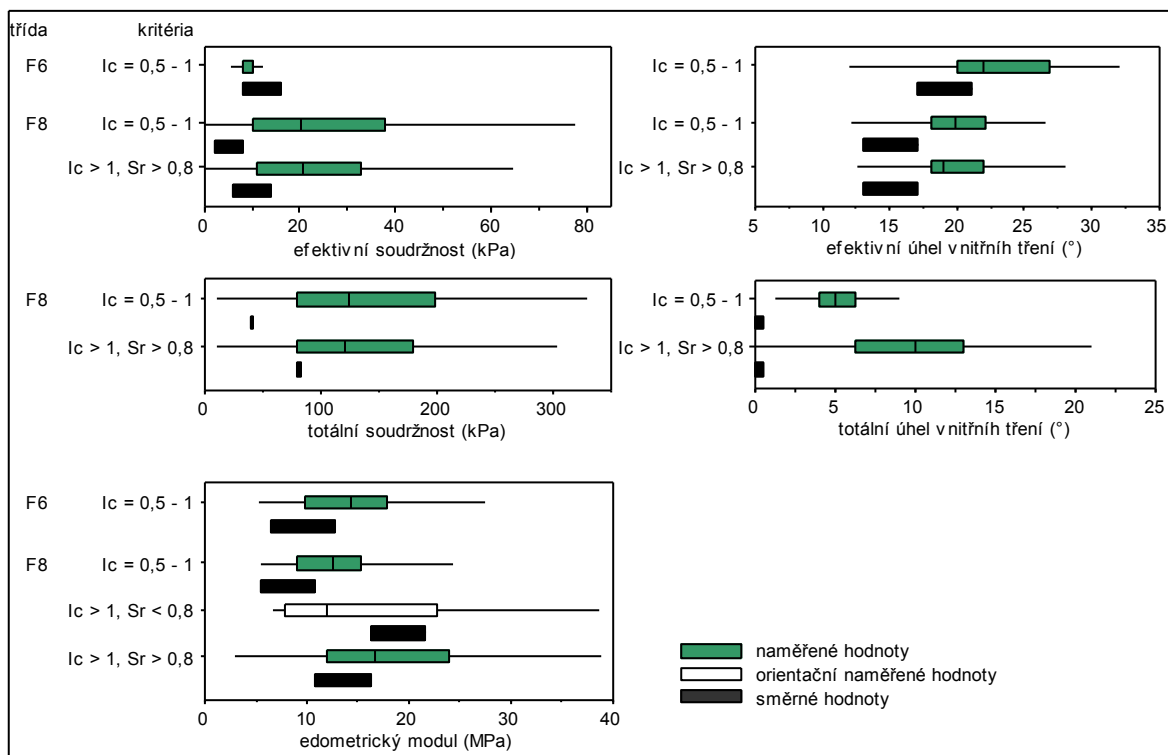
Střední hodnota 14,6 MPa je téměř shodná s hodnotou třídy F6 (CL, CI) 14,4 MPa pro interval 5,2 – 27,7 MPa. Písčité jíly F4 (CS), které jsou vzhledem k počtu studovaných vzorků na hranici orientačních hodnot, mají edometrický modul naměřený v rozsahu 6,4 – 23 MPa se střední hodnotou 16,2 MPa.

V tabulce 19 jsou porovnány aritmetické průměry vlastností neogenních jílů třídy F8 (CV) zájmového území a neogenních brněnských jílů třídy F8 (CV) (Erbenová, 2004). Z čehož je patrné, že s vlastnosti jsou odlišné, a proto není možné vytvořit typologii základových půd bez nadhodnocených parametrů pro jakoukoli lokalitu, ale pouze pro určitou oblast.

Tabulka 19 Porovnání neogenních jílů v zájmovém území a neogenních brněnských jílů (Erbenová, 2004) jako základových půd třídy F8 (CV)

vlastnosti	neogenní brněnské jíly F8 CV	neogenní jíly v zájmovém území F8 CV
vlhkost (%)	33	23,8
zdánlivá hustota pevných částic (g.cm^{-3})	2,698	2,75
objemová hmotnost (g.cm^{-3})	1,883	1,97
mez tekutosti (%)	76,6	72
číslo plasticity (%)	46,7	26,8
stupeň konzistence (-)	1,1	1,02
pórovitost n (%)	48	42,35
stupeň nasycení (-)	0,91	0,92
soudržnost efektivní (kPa)	40	24
úhel vnitřního tření (°)	19°	20,26°
soudržnost totální (kPa)	180	200
úhel vnitřního tření (°)	8°	6,4°
edometrické modul (MPa)	15	16,7

Ve srovnání s jíly rajonu Lp a Fn mají neogenní základové půdy vyšší hodnoty, což indikuje menší stlačitelnost. Z obrázku 34 je patrné, že neogenní základové půdy vykazují lepší vlastnosti než směrné normové charakteristiky ve smykových parametrech a v edometrickém modulu. Výjimku tvoří efektivní soudržnost třídy F6 (CL, CI) tuhé konzistence, jejíž kvantilový interval 8 – 10 kPa je v nižších hodnotách směrného intervalu 8 – 16 kPa, a edometrický modul třídy F8 (CH, CV) pevné konzistence se stupněm nasycení větší než 0,8, který má větší rozsah 12 – 23,9 MPa než směrné hodnoty 16,2 – 21,6 MPa a střední hodnotu 16,8 MPa. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce v příloze M4.

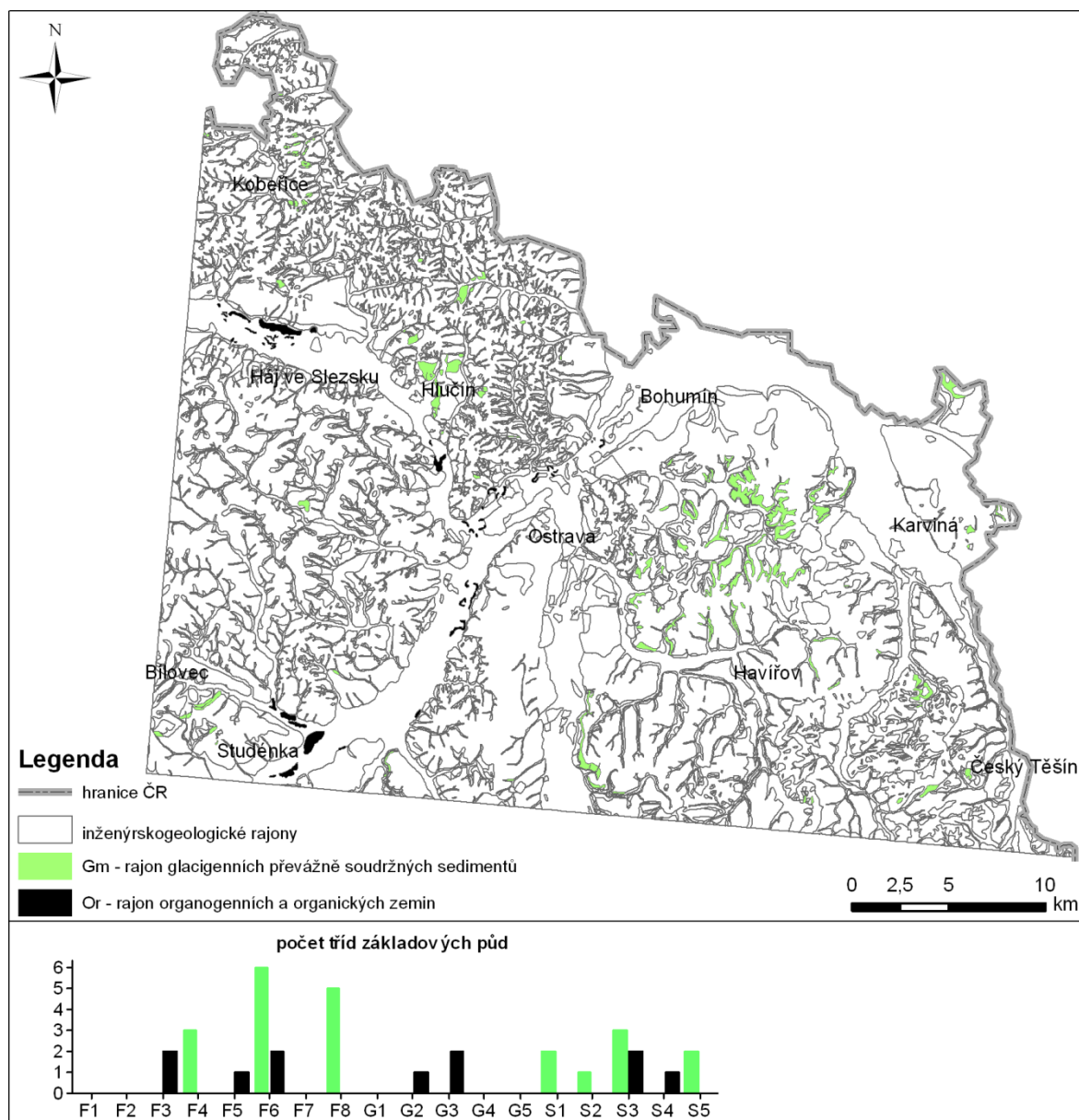


Obrázek 34 Grafy porovnání směrných normových a naměřených hodnot základových půd neogenního stáří

4.3.10. Rajon organogenních a organických zemin Or a rajon glacigenních převážně soudržných sedimentů Gm

Rajon organogenních a organických zemin Or a rajon glacigenních převážně soudržných sedimentů Gm je uveden v jedné podkapitole, protože se v nich vyskytuje nejmenší počet vzorků, jejichž vlastnosti nelze dále vyhodnotit bez rozdělení do tříd základových půd (obr. 35). Celkový počet vzorků v rajonu Or je 11 a v rajonu Gm 24.

Rajon Gm je nazván jako rajon glacigenních převážně soudržných sedimentů v ostravské části, rajon morénových sedimentů v karvinské části a rajon glacifluviálních převážně nesoudržných sedimentů v hlúčinské části. Jeho plocha je $13,3 \text{ km}^2$, což je 1,1 % z celkové plochy. Je tvořen pleistocenními souvkovými hlínami (tilly), jíly, písčitými hlínami se šterkem, popř. šterkovitými písky saalskeho a elsterského zalednění, klasifikovanými do tříd základových půd F1 – F6, S4, S5 a v hlúčinské části G2 – G4. Hlíny jsou převážně tuhé, s nízkou až vysokou plasticitou, středně únosné. Propustnost hlín je závislá na podílu jílovité a písčité frakce (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986).



Obrázek 35 Mapa prozkoumanosti základových půd neogenního stáří, počet tříd základových půd a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti

Rajon organogenních a organických zemin Or zaujímá plochu 3,56 km² (0,3 %) z celkové zájmové oblasti. Formují jej holocenní hnílokaly, slatinné zeminy (rašeliny) a organické sapropele. Poměr organické a hlinité složky je proměnlivý. Jsou to silně stlačitelné půdy pro zakládání nevhodné (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990, Růžička, 1989, Papoušek, 1986). Tyto zeminy byly zaznamenány ve studovaných vrtných profilech v zájmovém území, ale z vrstev tohoto charakteru nebyly odebrány vzorky, proto nejsou více specifikovány. Vzorky z databáze přiřazené do tohoto rajonu (obr. 35) jsou podložní základové půdy jiného původu.

4.3.11. Ostatní inženýrskogeologické rajony

Inženýrskogeologické rajony, které se vyskytují v zájmovém území (obr. 3), ale nebyly v nich odebrány vzorky, zaujímají velmi malou plochu vzhledem k celému rozsahu oblasti.

Rajon sedimentů proluviálních kuželů a plášťů P s plochou 0,2 km² (0,017 % z celkové plochy) je vymezen v karvinské části. Jde o pleistocenní proluviální štěrky elsterského zalednění, které jsou klasifikovány jako třídy základových půd F2 – F5 a G5 (Kašpárek, 1996).

Rajon vulkanických hornin nerozlišených V, nacházející se převážně v karvinské části a menšinově v ostravské, má celkovou plochu 2,31 km² (0,191 %). Křídové vyvřeliny těšinitové asociace, které zastupuje pikrit, diabas a těšinit, jsou zařazeny do třídy R1 a R2. Horniny jsou zdravé až zvětřalé. Jako základová půda jsou únosné, stabilní a velmi slabě stlačitelné. Mají vysokou pevnost a hustota diskontinuit je velká až střední (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990).

Rajon Sv je nazýván jako rajon vápencovo-dolomitických hornin v karvinské části, kde jej reprezentují křídové titonské těšínské vápence náležící do godulského vývoje slezské jednotky. Jsou využitelné jako stavební kámen a patří mezi skalní horniny třídy R2 (Kašpárek, 1996). V hlučinské části je znám jako horizont Wielich neboli miocenní sádrovcový horizont (Papoušek, 1986). Celková rozloha rajonu Sv je 1,32 km² (0,109 %).

Rajon pískovcovo-slepencových hornin Ss se nachází převážně v karvinské části, menšinově v ostravské. Jeho plošné zastoupení je 1,32 km² (0,109 %). Stratigraficky jsou horniny zařazeny do křídý až paleogénu, regionálně do slezské a podslezské jednotky vněkarpatských příkrovů, které představují těšínsko-hradišťské souvrství s bašskými a třineckými vrstvami. Litologicky se zde vyskytují pískovce a slepence hradišťského a strážského typu, které převládají nad jílovci. Skalní horniny jsou zařazeny do třídy R2 až R4. Jsou zdravé až zvětřalé, únosné a stabilní (Sloboda, 1990, Kašpárek, 1996).

Stejně jako rajon Ss je rozšířen i **rajon jílovcovo-prachovcových hornin Sj** s plochou 4,11 km² (0,34 %) z celkového zájmového území. Slezská a podslezská jednotka vněkarpatských příkrovů je rozdělena na těšínsko-hradišťské souvrství, lhotecké vrstvy, frýdecké vrstvy, třinecké a menilitové vrstvy formované převážně flyšem s převahou

jílovců nad pískovci, místy s rohovci a vápenci křídového až paleogenního stáří. Jde o únosné základové půdy skalního charakteru třídy R3 – R6 s převahou jílovců nad pískovci s velmi nízkou až střední pevností, s extrémně velkou až velkou hustotou diskontinuit. Zvětralé jílovce jsou náchylné k sesouvání. Základovou půdu je nutné chránit před účinky atmosférických vlivů. Jílovce snadno zvětrávají na vysoce plastické jíly (Kašpárek, 1996, Sloboda, 1990).

Vzhledem k rozloze zájmové oblasti a vlastní ploše 0,065 km² (0,005 %) je **rajon lakustrinních a fluviolakustrinních sedimentů Jf** na severu karvinské části snadno přehlédnutelný. Lakustrinní písčité jíly s organickou příměsí svrchního pleistocénu třídy F4 jsou nevyužitelné jako základová půda (Kašpárek, 1996).

5. Závěr

Hlavním cílem disertační práce je vypracování typologie inženýrskogeologických charakteristik základových půd v Ostravské pánvi. Zájmové území bylo definováno čtyřmi mapovými listy ZM 15 – 41 Hlučín, 15 – 42 Bohumín, 15 – 43 Ostrava a 15 – 44 Karviná v měřítku 1:50 000. Tento cíl byl splněn vytvořením typologie základových půd s rozlišením jednotlivých tříd základových půd a s jejich kvantitativními a kvalitativními charakteristikami reprezentovanými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Je tak vytvořena typologie nejrozšířenějších typů zájmové oblasti v Ostravské pánvi o plošném rozsahu 1211,4 km². Bylo zjištěno, že se zde nejvíce vyskytují jíly s nízkou a střední plasticitou třídy F6 (CL, CI) s podílem 39,5 % ze všech studovaných vzorků zemin. Jíly s vysokou, velmi vysokou a extrémně vysokou plasticitou F8 (CH, CV, CE) tvoří 13,4 %, písčité jíly F4 (CS) 10,6 % a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy G3 (G-F) představují 10,2 %.

Ve druhé rovině hodnocení byla typologie základových půd vztažena k inženýrskogeologickým rajonům, kde z hlediska plošného rozšíření dominuje rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp zabírající 45,9 % z celkové plochy zájmového území, rajon náplavů nížinných toků Fn 21,4 %, rajon flyšoidních hornin nerozlišených Sf 10,3 % a rajon deluviálních sedimentů D 6,9 %. V každém inženýrskogeologickém rajonu jsou klasifikovány zeminy do tříd základových půd podle ČSN 73 1001 a vyhodnoceny jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti.

Pro splnění cílů této disertační práce byla navržena a optimalizována metodika vytvoření místních charakteristik pro třídy základových půd a také pro různé geologické prostředí. Vše bylo provedeno poslovností jednotlivých kroků (viz hlavní diagram na obr. 16, dílčí postupy a zásady realizace v diagramech na obr. 5, obr. 10, obr. 12, obr. 13 a obr. 14).

Prvním krokem bylo zhotovení databáze informací o všech dostupných fyzikálně-mechanických vlastnostech základových půd s doplňujícími údaji, kterými jsou zrnitostní křivky zemin, prostorová lokalizace a petrografické popisy geologických vrtů. Vše bylo statisticky zpracováno podle jednotlivých tříd základových půd. Následně byly tyto zpracované parametry porovnány se směrnými normovými charakteristikami základových půd z normy ČSN 73 1001. Tak byly definovány místní charakteristiky nejen mechanické ale i fyzikální v jednotlivých třídách základových půd, u kterých to četnost studovaných

vzorků umožňovala. V poslední fázi byly studované vzorky s jejich informacemi překryty inženýrskogeologickými rajony v geografických informačních systémech a byla tak vytvořena souvislost typologie základových půd s inženýrskogeologickým prostředím reprezentovaným inženýrskogeologickými rajony.

V **databázi** bylo zaznamenáno 10 658 vzorků odebraných zemin z inženýrsko-geologických vrtů. U každého z nich byly stanoveny a v disertační práci vyhodnoceny základní fyzikálně-mechanické vlastnosti. Z celkového počtu studovaných vzorků představují 70,8 % jemnozrnné zeminy, 18,8 % tvoří šterkovité zeminy a 10,4 % písčité zeminy. Podíl jemnozrnných zemin je potřeba brát s určitým odstupem, protože se na tomto statistickém výsledku podílí subjektivní výběr místa odběru vzorku z vrtného profilu dokumentujícím geologem. Je zřejmé, že inženýrský geolog nebo geotechnik si vybírá při odběru vzorku polohy, kde předpokládá horší geotechnické parametry podle svých zkušeností, a proto je tento statistický údaj nadhodnocen. Z pohledu plošné distribuce je vysoký podíl jemnozrnných zemin ovlivněn limitujícím faktorem účelu a potřeby umísťovat vrty v místech budoucí zástavby a neřídí se potřebou reprezentativně dokumentovat celé geologické prostředí zájmové oblasti.

Po **statistických analýzách** souborů dat byly vyhodnocovány fyzikálně-mechanické vlastnosti pro jednotlivé třídy základových půd. Můžeme konstatovat, že jejich oborové hodnoty dobře korespondují s jinými pracemi, jako například Šimek (1990), Hulla, Turček (1991), Atkinson (2007), Koloski, Schwarz a Tubbs (1989) nebo Derski (1989). Avšak byly zjištěny i případy, které mají opačný trend, než se předpokládalo. Jde například o hlíny třídy F5 (ML, MI) a F7 (MH, MV, ME) vykazující u různých vlastností větší rozsah hodnot a vyšší či nižší maxima, mediány a minima intervalů vlastností.

Všechny uváděné vlastnosti byly studovány i podle **genetického původu**, tzn., do jaké míry se geotechnické vlastnosti daných genetických typů liší. Rozdílné hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností se vyskytovaly u všech genetických typů, tudíž nelze jednoznačně říct, že jsou vyšší či nižší hodnoty určité vlastnosti charakteristické pouze pro jeden genetický typ.

Studované mechanické vlastnosti stanovené u tříd F4 (CS), F6 (CL, CI) a F8 (CH, CV, CE) byly porovnávány se **směrnými normovými charakteristikami**. Písčité jíly nevykazují lepší hodnoty než normové. Jíly s nízkou a střední plasticitou mají téměř

srovnatelnou efektivní i totální soudržnost u měkké, tuhé i pevné konzistence. Efektivní i totální úhel vnitřního tření je vyšší a nepatrně vyšší než jsou směrné charakteristiky, je také edometrický modul u měkké konzistence, srovnatelný u tuhé konzistence a nižší hodnoty jsou u pevné konzistence. U jílu s vysokou a velmi vysokou plasticitou byly stanoveny vyšší mechanické parametry, než jsou směrné normové charakteristiky.

Korelační a regresní analýzou bylo zjištěno, že fyzikální vlastnosti základových půd tříd F1 – F4 neprokazují závislost na hloubce ani obsahu jílovitých částic. Zeminy třídy F5 – F8 jsou ovlivněny hloubkou uložení, kterou reprezentuje hloubka odběru vzorků, nízce až mírně ve smyslu statistických analýz. To se projevilo i u závislosti na obsahu jílovitých částic, kde je u meze tekutosti a indexu plasticity míra závislosti význačná. Vliv hloubky na edometrickém modulu má význačnou těsnost závislosti u všech tříd základových půd a efektivní úhel vnitřního tření je význačně ovlivňován obsahem jílovitých částic. Dále byl potvrzen vliv konzistenčních stavů a objemové hmotnosti a zdánlivé hustoty pevných částic na mechanické parametry. Co se týče vzájemné souvislosti mezi fyzikálními vlastnostmi, odpovídají principům mechaniky zemin.

Na závěr byla vytvořena **typologie základových půd** vztažená k inženýrskogeologickým rajonům. Rajon polygenetických sprašových sedimentů Lp je nejvíce plošně rozšířen (45,9 % z celkové plochy) s nejmenší heterogenitou a jako v ostatních rajonech v něm převládá třída základových půd F6 (CL, CI). Dále se nejvíce vyskytuje třída F4 (CS), G3 (G-F) a F8 (CH, CV, CI). V předkvarterním podloží základových půd neogenního stáří je nejpočetnější třída F8 (CH, CV, CE). Nejvariabilnější z hlediska četnosti tříd základových půd i jejich vlastností je druhý plošně nejrozšířenější rajon náplavů nížinných toků Fn. Přínosem disertační práce je specifikace vlastností těchto základových půd v jednotlivých geologických prostředích doplněná mapami inženýrskogeologického rajonování, kterou je možné využívat jako **místní charakteristiky základových půd** v daných oblastech.

Disertační práce je příspěvkem k poznání fyzikálně-mechanických vlastností základových půd Ostravské pánve a její metodika je využitelná i pro jiné oblasti, resp. i v budoucnu pro stejnou oblast s větší hustotou průzkumných prací, odebraných vzorků a zjištěných vlastností.

Soupis bibliografických citací

- Akpokodje, E. G. 1986. The geotechnical properties of lateritic and non-lateritic soils of southeastern Nigeria and their evaluation for road construction. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, April 1986. Vol. 33, no. 1, s. 115-121. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/BF02594713.
- Al-Gasous, K. A. H. 1988. *Geotechnical properties of the surfacial soil of Sana'a The Yemen Arab Republic*. King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dept. Civil Engineering, 1988. 339 s. Advisor Sahel N. Abduljawwad.
- Altay, A. – Dinçer, İ. – Necdet, M. 2007. Geotechnical characteristics of the clayey soils and rocks of the North Lefkoşa, Nicosia, Cyprus. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, November 2007. Vol. 66, no. 4, s. 473-481. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/s10064-007-0090-5.
- Anděl, J. 2007. *Statistické metody*. 4. vyd. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, 2007. 299 s. ISBN 80-7378-003-8.
- Assallay, A. M. - Rogers, C. D. F. - Smalley, I. J. 1996. Engineering properties of loess in Libya. *Journal of Arid Environments*, April 1996. Vol. 32, no. 4, s. 373-386, ISSN: 0140-1963, DOI: 10.1006/jare.1996.0031.
- ASTM D2487 – 10, 2006. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes. Pennsylvania: ASTM, 2006.
- Atkinson, J. 2007. *The Mechanics of Soils and Foundations*. 2nd ed. London: Taylor and Francis, 2007. 480 s. ISBN: 978-0-415-36256-6.
- Avery, B. W. 1973. Soil classification in the soil survey of England and Wales. *European Journal of Soil Science*, October 1973. Vol. 24, no. 3, s. 324 - 338. ISSN: 1351-0754, DOI: 10.1111/j.1365-2389.1973.tb00769.x.
- Bell, F. G. – Culshaw, M. G. 1998. Petrographic and engineering properties of sandstones from the Sneinton Formation, Nottinghamshire, England. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, February 1998. Vol. 31, no. 1, s. 5-19. ISSN: 1470-9236, DOI: 10.1144/GSL.QJEG.1998.031.P1.02.
- Bell, F. G. - Northmore, K. J - Culshaw, M. G. 1999. Some geotechnical properties of the Claygate 'Beds' and Bagshot 'Beds' of south Essen. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, August 1999. Vol. 32, no. 3, s. 215-231. ISSN: 1470-9236, DOI: 10.1144/GSL.QJEG.1999.032.P3.02.
- Bell, F. G. 1994. The Speeton Clay of North Yorkshire, England: An investigation of its geotechnical properties. *Engineering Geology*, April 1994. Vol. 36, no. 3-4, s. 257-266. ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/0013-7952(94)90007-8.

- Bell, F. G. 2002. The geotechnical properties of some till deposits occurring along the coastal areas of eastern England. *Engineering Geology*, January, 2002. Vol. 63, no. 1-2, s. 49-68. ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/S0013-7952(01)00068-0.
- Bell, F. G. 2006. *Engineering geology*. Oxford: Elsevier Science & Technology, 2006. 592 s. IBSN: 978-0-7506-8077-6.
- Brown, J. D. - Rashid, M. A. 1975. Geotechnical Properties of Nearshore Sediments of Canso Strait, Nova Scotia. *Canadian Geotechnical Journal*, 1975. Vol. 12, no. 1, s. 44-57. ISSN: 1208-6010.
- Cattoni, E. - Cecconi, M. - Pane, V. 2007. Geotechnical properties of an unsaturated pyroclastic soil from Roma. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, November 2007. Vol. 66, no. 4, s. 403-414. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/s10064-007-0096-z.
- Craig, R. F. 1997. *Soil mechanics*. 6th ed. London; New York: E & FN Spon, 1997. 485 s. ISBN: 04-19-22450-5.
- ČSN 73 1001. Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy. Praha: Český normalizační úřad, 1988. 76 s.
- ČSN EN ISO 14688-1. Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 1: Pojmenování a popis. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.
- ČSN EN ISO 14688-2. Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 2: Zásady pro zařizování. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.
- ČSN EN ISO 14689-1. Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování hornin - Část 1: Pojmenování a popis. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.
- Čurda, J. et al. 1989a. *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000, List 15-44 Karviná*. Praha: Český geologický ústav, 1989. 89 s.
- Čurda, J. et al. 1989b. *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000, List 15-43 Ostrava*. Praha: Český geologický ústav, 1989. 89 s.
- Demek, J. – Mackovčín P. et al. 2006. *Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny*. 2. vyd. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006. 582 s. ISBN: 80-86064-99-9

- Denness, B. 1974. Engineering aspects of the chalky boulder clay at the new town of Milton Keynes in Buckinghamshire. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, August 1974. Vol. 7, no. 3, s. 297-309. ISSN: 1470-9236, DOI: 10.1144/GSL.QJEG.1974.007.03.03.
- Derski, W. 1989. *Rock And Soil Mechanics*. Amsterdam: Elsevier, 1989. 719 s. ISBN: 978-0-444-98950-5.
- Diop, M. B. - Bouguerra, A. - Cisse, I. K. 1999. Geotechnical Characteristics and Geological History of Sands in Senegal. *Geotechnical and Geological Engineering*, June 1999. Vol. 17, no. 2, s. 133-144. ISSN: 0960-3182, DOI: 10.1023/A:1008988321655.
- Dopita, M. et al. 1997. *Geologie české části hornoslezské pánve*. 1.vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1997. 278 s. ISBN 80-7212-011-5.
- Erbenová, A. 2004. Geotechnické vlastnosti brněnského miocenního jílu. In *Geotechnika 2004*. Slovensko: Orgware, 2004. s. 247-252. ISBN: 80-8073-151-9.
- Erbenová, A. 2008. Příspěvek k charakteristice mechanického chování miocenních jílu jako základové půdy na Moravě. In *Geotechnika*, 2008. Roč. 11, č. 3, s. 28-31. ISSN: 1211-913X.
- Fojtová, L. 2007. *Analýza vybraných inženýrskogeologických charakteristik části Ostravské pánve*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Hornicko-geologická fakulta, 2007. 52 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D.
- Fojtová, L. 2011. Seznam vybraných závěrečných zpráv lokalizovaných na mapových listech 15-41, 15-42, 15-43, 15-44 ZM 1 :50 000. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Hornicko-geologická fakulta, 2011. 5s. MS.
- Franks, C. A. M. - Woods, N. W. 1993. Engineering geology of North Lantau, Hong Kong. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, May 1993. Vol. 26, no. 2, s. 81-98. ISSN: 1470-9236, DOI: 0.1144/GSL.QJEG.1993.026.02.01.
- Frempong, E. M. 1994. Geotechnical properties of some residual micaceous soils in the Kumasi Metropolitan area (Ghana). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, April 1994. Vol. 49, no. 1, s. 47-54. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/BF02595000.
- Gao, G. 1996. The distribution and geotechnical properties of loess soils, lateritic soils and clayey soils in China. *Engineering Geology*, March 1996. Vol. 42, no. 1, s. 95-104. ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/0013-7952(95)00056-9.

- Gopal, R. - Rao, A. S. R. 2008. *Basic and Applied Soil Mechanics*. 2nd ed. India: New Age International, 2008. 774 s. ISBN: 978-81-224-1223-9.
- Hulla, J. – Šimek, J. – Turček, P. 1991. *Mechanika zemín a zakladanie stavieb*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1991. 336 s.
- Cháb, J. – Stráník, Z. – Eliáš, M., 2007. *Geologická mapa České republiky 1 :500 000*. 1. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007.
- Chlupáč, I. et al. 2002. *Geologická minulost České republiky*. 1. vyd. Praha: Academia, 2002. 436 s. ISBN 80-200-0914-0.
- Chung, S. G. - Ryu, C. K. - Jo, K. Y. - Huh, D. Y. 2005. Geological and Geotechnical Characteristics of Marine Clays at the Busan New Port. *Marine Georesources and Geotechnology*, July-August 2005. Vol. 23, no. 3, s. 235-251. ISSN: 1064-119X, DOI: 10.1080/10641190500225712.
- Kalinski, M. E. 2011. *Soil mechanics lab manual*. 2nd ed. USA: Wiley, 2011. 208 p. ISBN 978-0-470-55683-2
- Kašpárek, M. 1996. *Mapa inženýrskogeologického rajonování ČR. List 15 – 44 Karviná*. Měřítko 1:50 000. Praha: Český geologický ústav, 1996.
- Kazi, A. – Knill, J. L. 1969. The sedimentation and geotechnical properties of the Cromer Till between Happisburgh and Cromer, Norfolk. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, October 1969. Vol. 2, no. 1, s. 63-86. ISSN: 1470-9236, DOI: 10.1144/GSL.QJEG.1969.002.01.05
- Khadge, N. H. 2002. Geotechnical properties of siliceous sediments from the Central Indian Basin. *Current science*. February 2002. Vol. 82, no. 3, s. 338-343. ISSN 0011-3891
- Koloski, J. W. - Schwarz, S. D. - Tubbs, D. W. 1989. *Geotechnical Properties of Geologic Materials* [on line]. c1989, [cit. 2010-04-16]. <<http://www.tubbs.com/geotech/geotech.htm>>.
- Little, J. A. - Atkinson, J. H. 1988. Some geological and engineering characteristics of lodgement tills from the Vale of St Albans, Hertfordshire. *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, May 1988. Vol. 21, no. 2, s. 183-199. ISSN: 1470-9236, DOI: 10.1144/GSL.QJEG.1988.021.02.07.
- Lochmann, Z. 1992. Mapy inženýrskogeologického rajonování. V knize: *Instrukce k využívání souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000* (Müller, V. ed.). 1. vyd. Praha: Český geologický ústav, 1992. str. 23 – 29. ISBN: 82-7075-101-2.

- Lochmann, Z. 2001. Inženýrskogeologické hodnocení sprašových sedimentů na listu 13-322 Kolín. In *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2001*. Praha: Český geologický ústav, 2001. str. 164 – 166.
- Madu, R. M. 1977. An investigation into the geotechnical and engineering properties of some laterites of Eastern Nigeria. *Engineering Geology*, June 1977. Vol. 11, no. 2, s. 101-125. ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/0013-7952(77)90022-9.
- Malík, J. 2007. *Zhodnocení směrných normových charakteristik*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Hornicko-geologická fakulta, 2007. 90 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D.
- Marchalko, M. et al. 2004. *Inženýrská geologie* [on line]. Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, 2004. [cit. 20010-06-30].
<<http://geologie.vsb.cz/>>.
- Marchalko, M. et al. 2005. *Cvičení z inženýrské geologie* [on line]. Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, 2005. [cit. 2010-06-30].
<<http://geologie.vsb.cz/>>.
- Martinec, P. - Krajiček, J. 1989 *Vlastnosti hornin svrchního karbonu na kontaktu s pokryvnými útvary*. Samostatná publikace č. 43. 1. vyd. Ostrava: Vědeckovýzkumný uhelný ústav, 1989. 62 s. ISBN: 80-85108-12-7.
- Martinec, P. - Krajiček, J. 1990a. *Vlastnosti hornin Slánské pánve*. Samostatná publikace č. 49. 1. vyd. Ostrava: Vědeckovýzkumný uhelný ústav, 1990. 99 s. ISBN: 80-85108-19-4.
- Martinec, P. - Krajiček, J. 1990b *Pokryvné útvary karbonu čs. části hornoslezské pánve*. Samostatná publikace č. 50. 1. vyd. Ostrava: Vědeckovýzkumný uhelný ústav, 1990. 102 s. ISBN: 80-85108-20-8.
- Martinec, P. et al. 2008. *Geologické prostředí a geotechnické vlastnosti pokryvu karbonu v české části hornoslezské pánve*. 1. vyd. Ostrava: Ústav geoniky AV ČR v. v. i., 2008. 148 s., 4 přílohy. ISBN: 978-80-86407-54-8.
- Microsoft Office Excel, 2007. Microsoft Corporation, version 2007. Microsoft.com
- Mikuš, P. 2009. *Inžinierskogeologické problémy výstavby významných stavieb v Bratislave*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave. Prírodovedecká fakulta, 2009. 159 s. Konzultanti rigorózne práce prof. Ing. Mirko Matys, PhD.
- MINITAB, 2007. Minitab Inc., version 15.0. www.minitab.com.
- Muni Budhu, 2006. *Soil Mechanics and Foundations*. 2nd ed. Hardcover: Wiley, 2006. 656 s. ISBN: 978-0-471-43117-6.

- Papoušek, Z. 1986. *Mapa inženýrskogeologického rajonování ČR. List 15 – 41 Hlučín*. Měřítko 1:50 000. Praha: Ústřední ústav geologický, 1986.
- Pašek, J. – Matula, M. 1986. *Regionálna inžinierska geológia ČSSR*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1986. 295 s.
- Pašek, J. - Matula, M. et al. 1995. *Inženýrská geologie I., II.* 1995. 1.vyd. Praha: [s.n.], 1995. 610 s.
- Pavlík, J. 2005. *Aplikovaná statistika*. 1 vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. 172 s. ISBN: 80-7080-569-2
- Pfleiderer, S. - Hofmann, T. - Auer, J. 2005 *Geological interpretation of geotechnical properties of sediments in the Vienna basin* [on line]. © European Geosciences Union 2005, [cit. 20010-04-16].
<<http://www.cosis.net/abstracts/EGU05/04537/EGU05-J-04537.pdf>>.
- Pfleiderer, S. - Hofmann, T. 2007. Digitaler angewandter Geo-Atlas der Stadt Wien- Stadtgeologie am Beispiel von Wien. *Jahrbuch der geologischen bundesanstalt*, Jänner 2007. Band 147, Heft 1+2, s. 263–273. ISSN: 0016–7800.
- Prechalová, H. et al. 2006. *Hydrogeologická rajonizace* [on line]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v Praze, 2006 [cit. 2010-06-16].
<<http://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/HGR2005/default.asp>>.
- Quo, Jinsheng, et al. 2008. Geotechnical properties of the soft soil in Guangzhou College City. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, November 2008. Vol. 67, no. 4, s. 479-483. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/s10064-008-0155-0.
- Rahn, P. H. 1986. *Engineering geology*. New York: Elsevier Science Pub Inc., 1986. 657 s. ISBN: 978-0-131-77403-2.
- Raspa, G. et al. 2008. Geotechnical characterization of the upper Pleistocene-Holocene alluvial deposits of Roma (Italy) by means of multivariate geostatistics: Cross-validation results. *Engineering Geology*, October 2008. Vol. 101, no. 3-4, s. 251-268. ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/j.enggeo.2008.06.007.
- Richards, A. F. - Dzwilewski S. T. 1974. Geotechnical properties of the Golfo San Matias, Argentina. *Journal of Sedimentary Petrology*, September 1974. Vol. 44, no. 3, s. 649-654. ISSN: 1527-1404.
- Růžička, M. 1989. *Mapa inženýrskogeologického rajonování ČR. List 15 – 42 Bohumín*. Měřítko 1:50 000. Praha: Ústřední ústav geologický, 1989.
- Sariosseiri, F. - Muhunthan, B. 2009. Effect of cement treatment on geotechnical properties of some Washington State soils. *Engineering Geology*, February

2009. Vol. 104, no. 1-2, s. 119-125. ISSN: 0013-7952, DOI:
10.1016/j.enggeo.2008.09.003.

Sloboda, J. 1990. *Mapa inženýrskogeologického rajonování ČR. List 15 – 43 Ostrava.*
Měřítko 1:50 000. Praha: Ústřední ústav geologický, 1990.

Strnadlová K. 2008. *Vybrané geotechnice problémy na železničních tratích
lokalizovaných nížin.* Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita
Ostrava. Stavební fakulta, 2008. 159 s. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Karel
Vojtasík, CSc.

Šajgalík, J. 1991. Geotechnical properties of the Danubian lowland loess soils in the
Slovak Carpathians. *Journal GeoJournal*, June 1991. Vol. 24, no. 2, s. 165-
174. ISSN: 0343-2521, DOI: 10.1007/BF00186012.

Šimek J. et al. 1990. *Mechanika zemin.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. 387 s. ISBN: 80-
03-00428-4.

Vavro, M. 1969. Souhrnný přehled výsledků zkoušek fyzikálně-mechanických
vlastností hornin sedlových vrstev v OK-revíru. In *Sborník vědeckých prací
Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada hornicko-
geologická.* Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
Hornicko-geologická fakulta, 1969. Roč. 15, č. 1, s. 29-41. ISSN: 0474-8476.

Veyera, G. E. - Brandes, H. G. - Silva, A. J. 2001. Geotechnical characterization of
calcareous sediments from the Dry Tortugas Keys and Marquesas Keys CBBL
SRP study sites, Lower Florida Keys. *Geo-Marine Letters*, October 2001. Vol.
21, no. 3, s. 131-148. ISSN: 0276-0460, DOI: 10.1007/s003670100075.

Vrtek, F. 1998. *Mechanika zemin, inženýrská geologie a hydrogeologie v praxi.* Brno:
[s.n.], 1998. 197 s.

VÚV TGM, 2005a. *Hydrogeologická rajonizace, hydrogeologická interpretace
vybraných přírodních charakteristik I* [on line]. Tematická náplň: VÚV TGM
a ČGS, topografický podklad: ČÚZK. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G.
Masaryka v Praze, 2005 [cit. 2010-12-16].
<http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=hgr3_05>.

VÚV TGM, 2005b. *Vodní toky, vodní plochy, hydrologická povodí* [on line].
Tematická náplň: VÚV TGM a ČGS, topografický podklad: ČÚZK.
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v Praze, 2005 [cit. 2010-12-
16]. <http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=admin_usp&>.

Yan, W. M. – Ma, Y. 2010. Geotechnical characterization of Macau marine deposits.
Engineering Geology, March 2010. Vol. 113, no. 1-4, s. 62-69. ISSN: 0013-
7952, DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.03.001.

Yasin, M. J. 1990. Some geotechnical properties of soils in the Haditha area, W. Iraq. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, April 1990. Vol. 41, no. 1, s. 129-136. ISSN: 1435-9529, DOI: 10.1007/BF02590213.

Zákon č. 62/1988 Sb. o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. Praha: Česká národní rada, 1988.

Seznam vlastních prací

- Yilmaz, I. - Marschalko, M. - Bednarik, M. - Kaynar, O. - Fojtova, L. Neural computing models for prediction of permeability coefficient of coarse-grained soils In *Neural Computing & Application*. Springer London, 2011. vol. 20, 12 p. ISSN: 0941-0643. DOI: 10.1007/s00521-011-0535-4. Impact Factor: 0.563 (2010 - Journal Citation Reports®, Thomson Reuters).
- Marschalko, M. – Peňáz, T. – Fojtová, L. The importance of implementing transparent geological structure into land-use planning documentation. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, 2009. Roč. 9, č. 1, s. 217-226. ISSN: 1213-1962
- Fojtová, L. - Marschalko, M. - Franková R. - Kovář, L. Potřeby srovnání metod pro měření vlhkosti na mezi tekutosti dle ČSN a nově přijímané evropské legislativy. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, 2008. Roč. 8, č. 1, s. 359-373. ISSN: 1213-1962.
- Juriš, P. - Marschalko, M. - Fojtová, L. - Kovář, L. Type grain-size curves focusing on the zone of polygenetic loess sediments in the selected part of Ostrava Basin. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, 2007. Roč. 15, č. 1, s. 237-248. ISSN: 1213-1962.